

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Ein heuristisches Verfahren, das es ermöglicht, die prognostische Simulation menschlichen Interagierens mit Gebäuden realitätsgerechter zu gestalten - Prototypische Entwicklung am Beispiel des Energiehaushalts von Gebäuden

Jörn von Grabe

Vollständiger Abdruck der von der Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard H. Müller

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. phil. Gerhard Kaminski (em.)
Eberhard Karls Universität Tübingen
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter
3. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer
Universität Stuttgart

Die Dissertation wurde am 06.12.2012 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt am 14.03.2013 angenommen.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. em. Dr. phil. Gerhard Kaminski des Fachbereichs Psychologie der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen, der mir bei der Verfassung dieser Arbeit kontinuierlich zur Seite stand und mir dabei immer wieder wertvolle Impulse gab. Sein großes interdisziplinäres Interesse, seine fachlichen Anregungen und seine präzisen Kritiken haben mein Denken nachhaltig beeinflusst.

Zusätzlich danke ich Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, dem Ordinarius des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion und Korreferenten dieser Arbeit. Seine Offenheit interdisziplinären Themen gegenüber hat es mir ermöglicht, meinen Vorstellungen und Ideen zu folgen, ohne dabei auf Disziplinengrenzen achten zu müssen.

Für sein Interesse an dieser Arbeit und die daraus resultierende Übernahme des weiteren Korreferates bedanke ich mich außerdem bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerhard Müller danke ich für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission sowie die zügige Abwicklung des Promotionsverfahrens.

Darüber hinaus bedanke ich mich sehr herzlich bei der Studienstiftung des deutschen Volkes, die mich seit Jahren begleitet und mir in dieser Zeit immer wieder neue Anregungen gab. Viele Ideen zu dieser Arbeit wurzeln in Erfahrungen und Erlebnissen, die mir die Studienstiftung ermöglicht hat.

Ohne die Unterstützung meiner Vertrauten, sei sie direkt oder indirekt, langfristig oder kurzfristig, weit zurückliegend oder unlängst gewährt, wäre mir diese Arbeit nicht gelungen. Ganz besonders danke ich dafür meiner Freundin Vivian und meinen Eltern.

München, im Dezember 2012

Jörn von Grabe

Kurzfassung

In dieser Arbeit wird ein heuristisches Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, die prognostische Simulation des energieverbrauchsrelevanten, menschlichen Interagierens mit Gebäuden realitätsgerechter zu gestalten, als es mit bisherigen Methoden gelingt. In diesem Verfahren werden zunächst diejenigen „Realitätskomponenten“ ermittelt, taxonomisiert und in eine ontologische Beziehung gesetzt, von denen ein mittelbarer oder unmittelbarer Einfluss auf das Interaktionsverhalten zu erwarten ist. Anschließend werden, ausgehend von dieser Ordnung des subjektiven Realitätsbildes des Gebäudenutzers, zielgerichtet psychologische Rahmentheorien identifiziert, die eine wissenschaftliche Konzeptualisierung des Problemfelds auf der Basis von Kausalzusammenhängen ermöglichen. Der in dieser Arbeit gewählte Fokus auf das energieverbrauchsrelevante Interaktionsverhalten kann als eine beispielhafte Anwendung des Verfahrens mit prototypischem Charakter angesehen werden. Es ist daher zu erwarten, dass das entwickelte Verfahren auf alle Arten von menschlichem Interaktionshandeln in Gebäuden erfolgreich angewendet werden kann.

Abstract

This paper develops a heuristic method that permits a more realistic design of the prognostic simulation of energy-relevant human interaction with buildings, compared to hitherto existing models. Initially, this method comprises the determination, classification and ontological contextualization of those “components of reality”, which can be expected to have an immediate or collateral bearing on the behaviour in question. Subsequently, based on the assumption of the building occupants’ subjective image of reality, theoretical frameworks from psychology are employed, permitting a scientific conceptualization of the complex of problems on the groundwork of causal coherency. The emphasis on energy-relevant human behaviour can be assessed as an application of the method with prototypic character, anticipating the successful exertion of the delineated procedure on any kind of human interaction with buildings.

1.	 	 	 	 	
	1.1	Klimatischer und gesellschaftlicher Kontext des Energieverbrauchs			3
	1.1.1	Klimatischer Kontext			3
	1.1.2	Politischer und gesellschaftlicher Kontext			5
	1.2	Die Rolle von Gebäuden für den Energieverbrauch			5
	1.2.1	Energieverbrauchsstruktur			5
	1.2.2	Energieeffizienz in Gebäuden			6
	1.3	Planungs- und Prognosemethoden für den Energieverbrauch von Gebäuden			7
	1.3.1	Genormte Rechenverfahren			7
	1.3.2	Das Verfahren der dynamischen, thermischen Gebäudesimulation			8
	1.3.2.1	Verfahrensbeschreibung			8
	1.3.2.2	Vorteile und Einsatzgebiet der dynamischen Gebäudesimulation			8
	1.3.2.3	Schwachstellen der dynamischen Gebäudesimulation			9
	1.4	Zusammenfassende Einordnung dieser Arbeit			11
2.	 	 	 	 	
	2.1	Der Gebäudenutzer als passiver Rezipient oder als selbstbestimmt handelnder Akteur			15
	2.2	Einfache Steuerungsansätze mit fixierten Grenzwerten und ohne empirische Grundlage			16
	2.3	Stochastische Verfahren auf der Basis statistischer Analysen empirischer Daten, mit Interpretationsansätzen für isolierte kausale Zusammenhänge, jedoch ohne konzeptuellen Unterbau			17
	2.3.1	Arbeiten ohne spezifischen Themenschwerpunkt			17
	2.3.2	Arbeiten mit Bezug auf die Nutzeranwesenheit			18
	2.3.3	Arbeiten mit Bezug auf die Nutzung des Sonnenschutzes			18
	2.3.4	Arbeiten mit Bezug auf die Nutzung des Kunstlichtes			20
	2.3.5	Arbeiten mit Bezug auf die Nutzung der Fensterlüftung			22
	2.3.6	Arbeiten mit Bezug auf die Nutzung haustechnischer Anlagen			25
	2.3.7	Arbeiten mit Bezug auf persönliche Parameter			26
	2.4	Stochastische Verfahren auf der Basis statistischer Analysen empirischer Daten, mit Interpretationsansätzen für kausale Zusammenhänge einschließlich Entwicklung eines konzeptuellen Unterbaus			27
	2.5	Holistische Betrachtungsweise			30
	2.6	Ansätze, die den Einfluss von „Kontrolle“ über die lokale Umgebung berücksichtigen			31

3.	DEFIZITTENDENZEN BISHERIGER FORSCHUNG UND KONKRETISIERUNG DES EIGENEN FORSCHUNGSZIELS	35
3.1	Die Bedeutung der Betrachtung von „Kontext“ für die Entwicklung dieser Arbeit	37
3.2	Darstellung der grundlegenden Defizittendenzen der bisherigen Forschungsarbeiten	39
3.2.1	Vollständigkeitsdefizit	39
3.2.1.1	Realitätskomponenten, die im Tagesablauf eines leitenden Büroangestellten dessen Interaktionshandeln potenziell mitbestimmen	39
3.2.1.2	Realitätskomponenten, die im Tagesablauf eines Schülers dessen Interaktionshandeln potenziell mitbestimmen	40
3.2.1.3	Übersicht über die potenziell mitbestimmenden Realitätskomponenten	41
3.2.1.4	Vollständigkeit in Bezug auf energetische und materielle Umgebungsbedingungen	43
3.2.1.5	Vollständigkeit in Bezug auf gebäudespezifische Merkmale	44
3.2.1.6	Vollständigkeit in Bezug auf individualspezifische Merkmale	47
3.2.1.7	Vollständigkeit in Bezug auf Merkmale überindividueller Nutzungssysteme	48
3.2.2	Forschungssystematisches Defizit	50
3.2.3	Methodologisches Defizit	50
3.2.3.1	Methodologische Defizite korrelativer Verfahren	51
3.2.3.2	Verwendung korrelativer Methoden als methodologisches Defizit	53
3.2.4	Forschungsstrategisches Defizit	54
3.3	Zielsetzung und Methodik des eigenen Ansatzes	55
3.3.1	Allgemeine Zielrichtung der Forschung und konkrete Zielstellung dieser Arbeit	55
3.3.2	Methodik zur Analyse und Ordnung der subjektiven Alltagsrealität	55
3.3.3	Methodik zur Identifikation und Beschreibung psychologischer Rahmentheorien	56
4.	IDENTIFIKATION DER HANDLUNGSMITBESTIMMENDEN REALITÄTSKOMponentEN AUF DER BASIS DES SUBJEKTIVEN REALITÄTSBILDES DES GEBÄUDENUTZERS	59
4.1	Begründung und Entwicklung der Grundzüge der Heuristik	61
4.2	Alltagssprachliche, quasi-reale Tagesgeschehens-Erzählung	65
4.3	Taxonomische und ontologische Ordnung der in der Tagesgeschehens-Erzählung auftretenden Realitätskomponenten	73
4.3.1	Abfolge und Grundprinzip der Darstellung	73
4.3.2	Verwendung von UML zur grafischen Darstellung der Realitätsstruktur	74
4.3.3	Taxonomisierung des Bereichs „Umgebungsbedingungen“	77
4.3.3.1	Arten von Umgebungsbedingungen	77
4.3.3.2	Variabilität der Intensität von Umgebungsbedingungen	78
4.3.3.3	Interrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen der Umgebungsbedingungen	80
4.3.3.4	Die Taxonomie der Umgebungsbedingungen in der Übersicht	80

4.3.4	Taxonomisierung des Bereichs „Gebäude“	82
4.3.4.1	Lage des Gebäudes	83
4.3.4.2	Gebäudetopologie	84
4.3.4.3	Lage des Raums innerhalb des Bezugssystems „Gebäudetopologie“	84
4.3.4.4	Raumtopologie	85
4.3.4.5	Definition und vorläufige, kategoriale Differenzierung des Begriffs der „Ausstattungs-elemente“	86
4.3.4.6	Lage der Ausstattungselemente innerhalb des Bezugssystems „Raumtopologie“	86
4.3.4.7	Eigenschaften der Ausstattungselemente	87
	4.3.4.7.1 Regulative Ausstattungselemente	87
	4.3.4.7.2 Funktionale Ausstattungselemente	88
4.3.4.8	Lage der Ausstattungselemente zueinander	89
4.3.4.9	Materialeigenschaften	89
4.3.4.10	Interrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen des Gebäudes	90
4.3.4.11	Die Taxonomie des Gebäudes in der Übersicht	91
4.3.5	Interrelationen zwischen den Bereichen Umgebungsbedingungen und Gebäude	95
4.3.5.1	Der Zusammenhang zwischen der Gebäude- und Raumtopologie und der Lokalisierung der Umgebungsbedingungen	95
	4.3.5.1.1 Topologische Differenzierung von Umgebungsbedingungen zwischen Räumen	95
	4.3.5.1.2 Topologische Differenzierung von Umgebungsbedingungen innerhalb von Räumen	96
4.3.5.2	Der Zusammenhang zwischen der Lage und der Topologie des Gebäudes und den Eigenschaften der Außenumgebungsbedingungen	97
	4.3.5.2.1 Die Abhängigkeit der Außenumgebungsbedingungen von der Lage des Gebäudes	97
	4.3.5.2.2 Die Abhängigkeit der Außenumgebungsbedingungen von der Geometrie des Gebäudes und der Lage des Raums	97
4.3.5.3	Der Zusammenhang zwischen den Übertragungseigenschaften der Raumhülle und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen	98
	4.3.5.3.1 Die Spezifizierung der allgemeinen Übertragungseigenschaften der Hülle durch die Art der Umgebungsbedingungen	98
	4.3.5.3.2 Die Quantifizierung der Übertragung von Umgebungsbedingungen über die Raumhülle durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen	99
4.3.5.4	Der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften speziell der veränderbaren Anteile der Raumhülle und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen	100
	4.3.5.4.1 Die Abhängigkeit der spezifischen Übertragungseigenschaften der Raumhülle vom Zustand der regulativen Ausstattungselemente der Raumhülle	100
	4.3.5.4.2 Einschub: Dimensionale Betrachtung von „Regulation“	100
	4.3.5.4.3 Die Quantifizierung der Übertragung von Umgebungsbedingungen speziell über die regulativen Ausstattungselemente der Raumhülle durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen	101
	4.3.5.4.4 Die spezifische Schadenanfälligkeit der regulativen Ausstattungselemente der Raumhülle	101

4.3.5.5	Der Zusammenhang zwischen den raumseitigen Eigenschaften der Hülle und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen	102
4.3.5.5.1	Die spezifische Schadenanfälligkeit der raumseitigen Hülle	102
4.3.5.5.2	Die Spezifizierung der allgemeinen Speicher-, Absorptions- und Reflexionseigenschaften der raumseitigen Raumhülle durch die Art der Umgebungsbedingungen	102
4.3.5.5.3	Die Quantifizierung der Speicherung, Reflexion und Absorption von Umgebungsbedingungen durch die raumseitige Raumhülle durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen	103
4.3.5.5.4	Die Wirkung von Energie- und Materieemissionen der raumseitigen Raumhülle auf die Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen	103
4.3.5.6	Der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften des Rauminneren und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen	104
4.3.5.6.1	Die Auswirkung der topologischen Raumeigenschaften auf die lokalen Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen	104
4.3.5.6.2	Die spezifische Schadenanfälligkeit der Ausstattungselemente im Rauminneren	104
4.3.5.6.3	Die Wirkung von Energie- und Materieemissionen der energieumsetzenden, regulativen Ausstattungselemente auf die Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen	105
4.3.5.6.4	Die Wirkung von Energie- und Materieemissionen der funktionalen Ausstattungselemente auf die Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen	105
4.3.5.6.5	Einschub: Einführung und dimensionale Betrachtung von „Relevanz“	106
4.3.5.6.6	Die Einschränkung der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente durch die Einwirkung von Umgebungsbedingungen	106
4.3.5.7	Der Zusammenhang zwischen der Lage des Raums innerhalb des Gebäudes und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen	107
4.3.5.8	Ontologische Darstellung der Bereiche „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ in der Übersicht	107
4.3.6	Taxonomisierung des Bereichs „Individuum“	112
4.3.6.1	Funktionelle Differenzierung des sensorischen und des motorischen Apparats	112
4.3.6.2	Die Bekleidung des Individuums	112
4.3.6.3	Das Alter und das Geschlecht des Individuums	112
4.3.6.4	Die Einschränkungen durch den Krankheits- und Behinderungszustand des Individuums	112
4.3.6.5	Die Kompetenzen des Individuums	113
4.3.6.6	Die Momentanzustände des Individuums	113
4.3.6.7	Die Bedürfnisse des Individuums	113
4.3.6.8	Präferenzen und Toleranzen des Individuums	114
4.3.6.9	Die Erfahrungen und das Wissen des Individuums	114
4.3.6.10	Die Aktivitäten des Individuums	115
4.3.6.11	Interrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen des Individuums	116
4.3.6.11.1	Individuelle Merkmale, die den Bekleidungsstatus des Individuums beeinflussen	116

4.3.6.11.2	Individuelle Merkmale, die die Kompetenzeigenschaften des Individuums beeinflussen	116
4.3.6.11.3	Individuelle Merkmale, die die physischen und mentalen Momentanzustände des Individuums beeinflussen	118
4.3.6.11.4	Individuelle Merkmale, die die physischen und mentalen Aktivitäten des Individuums beeinflussen	119
4.3.6.12	Die Taxonomie des Individuums in der Übersicht	120
4.3.7	Interrelationen zwischen den Bereichen Individuum und Umgebungsbedingungen	123
4.3.7.1	Der Zusammenhang zwischen der Bekleidung des Individuums und den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen	123
4.3.7.1.1	Die Spezifizierung der allgemeinen Durchlässigkeitseigenschaften der Bekleidung durch die Art der Umgebungsbedingungen	123
4.3.7.1.2	Die Quantifizierung der Durchlässigkeit der Bekleidung gegenüber Umgebungsbedingungen durch die Intensität der Umgebungsbedingungen	124
4.3.7.2	Der Zusammenhang zwischen den sensorischen Kompetenzen des Individuums und der Art der Umgebungsbedingungen	124
4.3.7.3	Der Zusammenhang zwischen den Momentanzuständen des Individuums und den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen	124
4.3.7.3.1	Die Spezifizierung und die Veränderung des physischen Zustands des Individuums durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen	124
4.3.7.3.2	Die längerfristige physische Adaptation des Individuums als Folge der Auswirkungen der Umgebungsbedingungen	125
4.3.7.3.3	Die Wirkung von Emissionen des Individuums auf die Intensität und Art der Umgebungsbedingungen	125
4.3.7.3.4	Die Spezifizierung und die Veränderung des mentalen Zustands des Individuums durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen	126
4.3.7.4	Der Zusammenhang zwischen den Bedürfnissen des Individuums und den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen	126
4.3.7.4.1	Die Bewertung spezifischer mentaler Zustände vor dem Hintergrund des Bedürfnisses des Individuums nach behaglichen Umgebungsbedingungen	126
4.3.7.4.2	Der Einfluss des Geschlechts des Individuums auf das Behaglichkeitsbedürfnis	127
4.3.7.4.3	Der Einfluss der Altersstufe des Individuums auf das Behaglichkeitsbedürfnis	127
4.3.7.4.4	Die Präferenzen des Individuums für spezifische mentale Zustände	128
4.3.7.4.5	Die Toleranz des Individuums gegenüber spezifischen mentalen Zuständen	128
4.3.7.4.6	Die individuelle Präferenz-Rangfolge der Behaglichkeitsbedürfnisse	128
4.3.7.4.7	Die Bewertung spezifischer mentaler Zustände vor dem Hintergrund des Bedürfnisses des Individuums nach Gesunderhaltung	129
4.3.7.5	Die mittelbaren und unmittelbaren Erfahrungen des Individuums mit den Umgebungsbedingungen und deren Auswirkungen	130
4.3.7.5.1	Die Erfahrungen des Individuums mit den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen	130

4.3.7.5.2	Die Erfahrungen des Individuums mit seinen spezifischen mentalen Zuständen	130
4.3.7.6	Ontologische Darstellung der Bereiche „Umgebungsbedingungen“ und „Individuum“ in der Übersicht	130
4.3.8	Interrelationen zwischen den Bereichen Individuum und Gebäude	133
4.3.8.1	Der Zusammenhang zwischen der physischen Aktivität des Individuums und der Gebäudetopologie	133
4.3.8.2	Der Zusammenhang zwischen der Lokalisierung des Individuums und der Gebäudetopologie	134
4.3.8.3	Der Zusammenhang zwischen den Kompetenzen des Individuums und den Eigenschaften der regulativen Ausstattungselemente	134
4.3.8.3.1	Der für die Bedienung der regulativen Ausstattungselemente erforderliche Aufwand	134
4.3.8.3.2	Die Handhabbarkeit der regulativen Ausstattungselemente	135
4.3.8.4	Der Zusammenhang zwischen dem mentalen Zustand des Individuums und den Eigenschaften des Gebäudes	136
4.3.8.5	Der Zusammenhang zwischen den Bedürfnissen des Individuums und den Eigenschaften des Gebäudes	136
4.3.8.5.1	Das Bedürfnis des Individuums nach Sicherheit im Gebäude	136
4.3.8.5.2	Das Bedürfnis des Individuums nach Privatheit im Gebäude	137
4.3.8.6	Die einstellungsbedingten Präferenzen des Individuums mit Bezug auf die Nutzung regulativer Ausstattungselemente	138
4.3.8.7	Die mittelbaren und unmittelbaren Erfahrungen des Individuums mit dem Gebäude	138
4.3.8.7.1	Die Vertrautheit des Individuums mit den Merkmalen des Gebäudes	138
4.3.8.7.2	Die Erfahrungen des Individuums mit seinen mentalen Zuständen in Bezug auf Sicherheit und Privatheit	139
4.3.8.8	Ontologische Darstellung der Bereiche „Gebäude“ und „Individuum“ in der Übersicht	139
4.3.9	Interrelationen zwischen den Bereichen Individuum, Umgebungsbedingungen und Gebäude	142
4.3.9.1	Unterscheidung zwischen anthropogenen und natürlichen Energie- und Materieemissionen	142
4.3.9.2	Bedürfnisse des Individuums mit Bezug auf die Eigenschaften des Gebäudes und der Umgebungsbedingungen	143
4.3.9.2.1	Das Bedürfnis nach gezielter Durchführung einer Aktivität	143
4.3.9.2.2	Einschub: Dimensionale Betrachtung von „Funktionalität“	143
4.3.9.2.3	Das Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente	144
4.3.9.2.4	Das Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes und seiner Bestandteile	144
4.3.9.2.5	Vorläufige Übersicht über den Zusammenhang zwischen den individuellen Bedürfnissen und den Innenraum-Umgebungsbedingungen	145
4.3.9.2.6	Das Bedürfnis nach Handlungseffizienz	145
4.3.9.3	Vollständige Präferenz-Rangfolge der Bedürfnisse	149

4.3.9.4	Ontologische Darstellung derjenigen Interrelationen, die auf die potenziellen Möglichkeiten des Individuums schließen lassen, seine Bedürfnisse durch zielgerichtete Handlungen zu befriedigen	150
4.3.10	Aktivitäts- und Handlungstypen, die sich aus den dargestellten Interrelationen ableiten lassen	154
4.3.10.1	Differenzierung zwischen Aktivität und Handlung	154
4.3.10.2	Die Aktivitäten des Individuums	154
4.3.10.2.1	Kernaktivitäten	154
4.3.10.2.2	Aktivitäten zur Vor- und Nachbereitung der Kernaktivitäten	156
4.3.10.3	Ziele der Kernaktivitäten und Zuordnung der entsprechenden Bedürfnisse	157
4.3.10.3.1	Ziele funktionaler Aktivitäten und Zuordnung der entsprechenden Bedürfnisse	157
4.3.10.3.2	Ziele der Aktivitäten zur Störungskorrektur und Zuordnung der entsprechenden Bedürfnisse	158
4.3.10.3.3	Ziele von Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen und Zuordnung der entsprechenden Bedürfnisse	159
4.3.10.4	Detaillierte Analyse der Störungskorrekturaktivitäten	160
4.3.10.4.1	Ereignisabhängigkeit von Störungskorrekturaktivitäten	160
4.3.10.4.2	Regulationsrichtung von Störungskorrekturaktivitäten	161
4.3.10.4.3	An Ortswechsel gebundene Störungskorrekturaktivitäten	162
4.3.10.4.4	Wirkungsradius von Störungskorrekturaktivitäten	163
4.3.10.4.5	Zeitliche Relationen von Störungskorrekturaktivitäten	163
4.3.10.5	Die Taxonomie der Aktivitätsarten in der Übersicht	164
4.3.11	Handlungsprozess der Störungskorrekturaktivitäten	167
4.3.11.1	Prozessauslösende Ereignisse	167
4.3.11.1.1	Aktuelle Wahrnehmung und Bewertung bei Instandsetzungsaktivitäten	168
4.3.11.1.2	Prognose von Wahrnehmung und Bewertung bei Vermeidungsaktivitäten	168
4.3.11.2	Referenzsysteme für die Bewertung	168
4.3.11.3	Zieldefinition ZD	169
4.3.11.4	Handlungsplanung HP	169
4.3.11.5	Entscheidung und Durchführung	170
4.3.11.6	Sammlung zusätzlicher Informationen durch gezielte Orientierung und Prognosen auf der Basis der Orientierungsergebnisse	171
4.3.11.7	Erprobte Handlungsstrategien	172
4.3.11.8	Verortung individueller Eigenschaften innerhalb des Handlungsprozesses	174
4.3.11.8.1	Verortung von „Erfahrungen“ innerhalb des Handlungsprozesses	174
4.3.11.8.2	Die Verortung von „Präferenzen“ und „Toleranzen“ innerhalb des Handlungsprozesses	176
4.3.11.9	Beispielhafte Darstellung eines typischen Handlungsprozesses	177
4.3.12	Taxonomie des Bereichs „überindividuelle Nutzungssysteme“	179
4.3.12.1	Normierender Einfluss auf die Aktivitäten und Eigenschaften der Individuen	179
4.3.12.1.1	Einfluss auf Aktivitäten: raum-zeitliche Gebundenheit der Aktivitäten	179
4.3.12.1.2	Einfluss auf Aktivitäten: Rollen und Funktionen der Akteure	182
4.3.12.1.3	Einfluss auf die Bekleidung	182

4.3.12.2	Normierender Einfluss auf die Eigenschaften der Gebäude	183
4.3.12.2.1	Einfluss auf die funktionalen Eigenschaften von Gebäuden	183
4.3.12.2.2	Einfluss auf die Klassifizierung von Ausstattungselementen	183
4.3.12.3	Normierender Einfluss auf die Eigenschaften der Umgebungsbedingungen	185
4.3.12.4	Die Taxonomie der überindividuellen Nutzungssysteme in der Übersicht	185
5.	AUSWAHL GEEIGNETER RAHMENTHEORETISCHER ANSÄTZE AUS DER PSYCHOLOGIE	189
5.1	Konzeptualisierungsziel dieses Kapitels	191
5.2	Kriterien für die Auswahl geeigneter Rahmentheorien	194
5.3	Analyse der Theorien überindividueller Nutzungssysteme	196
5.3.1	Barkers Ökologische Psychologie	197
5.3.1.1	Definition von Behavior Settings	198
5.3.1.1.1	Standing patterns of behavior	198
5.3.1.1.2	Milieu	198
5.3.1.1.3	Verhaltens-Milieu-Synomorphe	198
5.3.1.1.4	Synomorphiequellen	199
5.3.1.1.5	Das psychologische Habitat	200
5.3.1.1.6	Habitatobjekte	201
5.3.1.2	Formalisierung und Systematisierung von Behavior Settings	201
5.3.1.2.1	Eigenschaften von Behavior Settings	201
5.3.1.2.2	Identifikation und konkrete Abgrenzung eines Behavior Settings	202
5.3.1.2.3	Beziehungen von Behavior Settings untereinander	203
5.3.1.2.4	Prozesstheoretische Beschreibung	204
5.3.2	Anwendung der Behavior Setting Theorie auf die thermodynamische Gebäudesimulation	206
5.3.2.1	Simulationsspezifische Einordnung der <i>Eigenschaften</i> von Behavior Settings	206
5.3.2.1.1	Die Rolle von Verhaltens-Milieu-Synomorphen in der Gebäudesimulation	206
5.3.2.1.2	Betrachtung des simulierten Gebäudes als Teil des Milieus	208
5.3.2.1.3	Betrachtung der simulierten Umgebungsbedingungen als Teil des Milieus	210
5.3.2.1.4	Zeitliche Lokalisierung des simulierten Geschehens	210
5.3.2.1.5	Populationsselektion durch Teilnahmedruck	210
5.3.2.1.6	Hierarchische Organisation der Teilnehmer	211
5.3.2.2	Simulationsspezifische Einordnung der <i>Regelkreise</i> von Behavior Settings	211
5.3.2.2.1	Zuordnung der Aktivitätstypen zu den BS-Regelkreisen	211
5.3.2.2.2	Abgrenzung der BS-Regelkreise bzw. der Aktivitätstypen voneinander	212
5.3.2.2.3	Zuordnung der Verhaltensobjekte zu den BS-Regelkreisen und den Aktivitätstypen	213
5.3.2.2.4	Aktivierung von und Übergang zwischen den BS-Regelkreisen	215
5.3.2.3	Genotypen von Behavior Settings	216
5.4	Analyse individualpsychologischer Theorieansätze	218
5.4.1	Handlungstheorien	218
5.4.1.1	Handlungstheorien und wofür sie hier benötigt werden	218

5.4.1.2	Definition von „Handlung“	219
5.4.1.3	Konzeptuelle Abgrenzung des Individualhandelns vom Geschehen innerhalb eines Behavior Settings	220
5.4.1.4	Theoretische Handlungsmodelle und Vergleich mit den Erkenntnissen der vortheoretischen Betrachtung	222
5.4.1.4.1	Das TOTE-Modell und das Modell der hierarchisch-sequenziellen Handlungsorganisation	223
5.4.1.4.2	Das Handlungsgrundmodell von Kaminski	224
5.4.1.4.3	Vergleich mit dem Handlungsprozess der vortheoretischen Betrachtung	225
5.4.1.5	Einfluss der Eigenschaften von Behavior Settings auf die Elemente des individuellen Prozesses speziell der Störungskorrekturhandlungen	226
5.4.2	Bewusstsein und Aufmerksamkeit	228
5.4.3	Handlungseinleitende Wahrnehmung und Bewertung	231
5.4.3.1	Unterscheidung von Empfindung und Wahrnehmung	231
5.4.3.2	Unterscheidung von Wahrnehmung durch Betrachtung des zugrunde liegenden Informationsverarbeitungsprozesses	231
5.4.3.3	Unterscheidung von Wahrnehmung durch Betrachtung der verschiedenen sensorischen Systeme	232
5.4.3.4	Unterscheidung zwischen der Wahrnehmung des Zustands und der Wahrnehmung der Operationsmöglichkeiten	232
5.4.3.5	Wahrnehmung und Bewertung vor dem Hintergrund der Betrachtung ausschließlich des Kategorialbereichs „Individuum“	233
5.4.3.6	Handlungseinleitende Wahrnehmung und Bewertung vor dem Hintergrund der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“ und „Umgebungsbedingungen“	237
5.4.3.6.1	Der Begriff der „Schwelle“	237
5.4.3.6.2	Grundlegende Zusammenhänge der Psychophysik	238
5.4.3.6.3	Psychophysik der thermischen Empfindung und Bewertung	240
5.4.3.6.4	Psychophysik der olfaktorischen und der allgemeinen chemosensorischen Empfindung und Bewertung	249
5.4.3.6.5	Psychophysik der akustischen Empfindung und Bewertung	262
5.4.3.6.6	Psychophysik der visuellen Empfindung und Bewertung	272
5.4.3.6.7	Multimodale Wahrnehmung und zeitgleiches Erleben unterschiedlicher Umgebungsgrößen	280
5.4.3.6.8	Psychophysik und individuelle Eigenschaften	285
5.4.3.6.9	Abschließender Kommentar zur Verwendbarkeit und zur Notwendigkeit der Weiterentwicklung	291
5.4.3.7	Handlungseinleitende Wahrnehmung und Bewertung vor dem Hintergrund der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“ und „Gebäude“	291
5.4.3.7.1	Territorialität und das Bedürfnis nach Privatheit	292
5.4.3.7.2	Unsicherheitsgefühle als Stressor und das Bedürfnis nach Sicherheit	293
5.4.3.7.3	Abschließender Kommentar zur Verwendbarkeit und zur Notwendigkeit der Weiterentwicklung	293

5.4.3.8	Handlungseinleitende Wahrnehmung und Bewertung vor dem Hintergrund der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“, „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“	294
5.4.3.8.1	Das Bedürfnis nach gezielter Durchführung einer Aktivität	294
5.4.3.8.2	Das Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente	300
5.4.3.8.3	Das Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes und seiner Bestandteile	301
5.4.4	Aufbau des Handlungsplans	302
5.4.4.1	Das Wissen über die Zusammenhänge zwischen den objektiven Merkmalen der Umwelt und der subjektiven Wahrnehmung dieser Merkmale	302
5.4.4.2	Das Wissen über die Zusammenhänge zwischen Operation und Operationsergebnis vor dem Hintergrund der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“	302
5.4.4.3	Wahrnehmung und Bewertung der Operationsangebote und -beschränkungen vor dem Hintergrund der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“ und „Gebäude“	303
5.4.4.3.1	Affordanz	303
5.4.4.3.2	Synomorphie und Kongruenz zwischen Handelndem und Umwelt	306
5.4.4.3.3	Usability im Design	307
5.4.4.3.4	Räumliche Orientierung und räumliches Verhalten	308
5.4.4.3.5	Territorialität und Wahrnehmung der Operationsangebote	309
5.4.4.4	Wahrnehmung und Bewertung der Operationsbeschränkungen vor dem Hintergrund der Betrachtung des Kategorialbereichs „Überindividuelle Nutzungssysteme“	309
5.4.4.5	Entscheidung für eine Operationsdurchführung auf der Basis von Erwartungs-Wert-Theorien	310
5.4.4.5.1	Instrumentalitätstheorie von Vroom	310
5.4.4.6	Wissensre- und -deaktualisierung	315
5.4.5	Ausführung des Handlungsplans	319
5.4.5.1	Abruf von physischen Könnensmustern und Regulation der Ausführung	319
5.4.5.2	Evaluierung und Wissensaufbau	319
5.4.6	Bezugssystemtheorien	320
5.4.7	Aktivierungstheorien	326
5.4.8	Einstellungen, Normen und Glaube	328
6.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSSICHT	333
	LITERATURVERZEICHNIS UND BILDNACHWEIS	347

1. EINLEITUNG



Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, die Grundlagen dafür zu legen, die prognostische Simulation menschlichen Interagierens mit Gebäuden in Zukunft realitätsgerechter gestalten zu können, als es mit gegenwärtigen Modellen möglich ist.

Die Motivation für diese Arbeit, die wissenschaftliche Bedeutung des Ziels, die Relevanz für die praktische Planung von Gebäuden und die konkreten Inhalte lassen sich mit ausreichender Transparenz nur vor dem Hintergrund eines übergeordneten Kontextes erläutern. Dieses einleitende Kapitel dient dazu, diesen Kontext herzustellen. Dabei wird „Kontext“ als ein mehrschichtiges Phänomen aufgefasst, dessen Schichten durch die inhaltliche Nähe zum Ziel dieser Arbeit charakterisiert werden. Dementsprechend werden die folgenden Abschnitte in einen Tertiär-, einen Sekundär- und in einen Primärkontext dreigeteilt. Die Einordnung beginnt mit der Beschreibung des Tertiärkontextes, d.h. einer zusammenfassenden Darstellung der gesellschaftlichen und klimatischen Relevanz von Energieversorgungs- und -verbrauchsfragen. Darauf folgt eine Verengung des Kontextes auf die Rolle von Gebäuden in diesem übergreifenden, gesellschaftlichen Zusammenhang. Der unmittelbare, primäre Kontext für das Ziel dieser Arbeit wird von den heute üblichen Planungs- und Prognosemethoden für den Energieverbrauch von Gebäuden gebildet. An dieser Stelle wird dann unmittelbar und ausdrücklich auf die thermische Gebäudesimulation als ein mögliches Planungsinstrument Bezug genommen.

1.1 Klimatischer und gesellschaftlicher Kontext des Energieverbrauchs

1.1.1 Klimatischer Kontext

Die Folgen der anthropogenen Anreicherung von Klimagasen in der Erdatmosphäre sind mittlerweile hinlänglich bekannt. Im Laufe der vergangenen Jahre ist die Problematik der Erderwärmung, inklusive der dadurch bedingten Folgen, von einem ausschließlich wissenschaftlich behandelten zu einem öffentlich diskutierten Thema geworden.

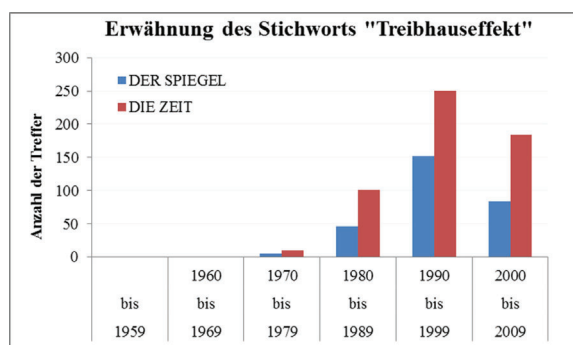


Abbildung 01
Trefferanzahl für das Stichwort „Treibhauseffekt“ für eine Suche im Online-Rechercheportal von Spiegel und Zeit, getrennt nach Jahrzehnten, Quelle: [Spiegel 2012], [Zeit 2012].

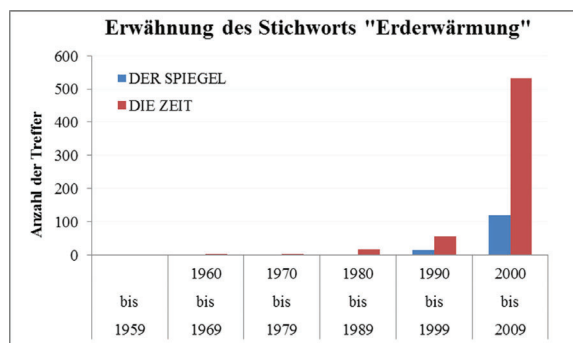


Abbildung 02
Trefferanzahl für das Stichwort „Erderwärmung“ für eine Suche im Online-Rechercheportal von Spiegel und Zeit, getrennt nach Jahrzehnten, Quelle: [Spiegel 2012], [Zeit 2012].

Wird z.B. die Erwähnung des Stichwortes „Treibhauseffekt“ in Artikeln einschlägiger deutscher Nachrichtenmagazine als Maßstab für den Transport dieser Thematik aus der Wissenschaft in die Öffentlichkeit gewertet, so beginnt dieser öffentliche Wahrnehmungsprozess offensichtlich Ende der 1970er bzw. Anfang der 1980er und erreicht seinen Höhepunkt etwa Anfang der 1990er Jahre (Abbildung 01).

Ab dann findet eine Wendung von diesem eher deskriptiven Begriff hin zu wertenden Begriffen, die zunehmend das Bedrohungspotenzial artikulieren, statt. „Klimakollaps“ findet sich seit Ende der 1980er erstmals als Begriff in der Berichterstattung, insbesondere der Begriff „Erderwärmung“ erlebt jedoch gerade in diesem Jahrtausend eine nahezu inflationäre Nennungshäufigkeit (Abbildung 02). Dieser Prozess verdeutlicht das massive Eindringen der Thematik in das Bewusstsein breiter Bevölkerungsschichten.

Parallel zu dieser Entwicklung taucht seit Anfang der 1990er zunehmend der Begriff „Klimaschutz“ in den Medien auf (Abbildung 03). Auch hier findet eine explosionsartige Steigerung der Nennungshäufigkeit innerhalb der zurückliegenden 10 Jahre statt. Dies symbolisiert, dass nicht nur die Problemstellung in das öffentliche Bewusstsein hineindiffundiert, sondern darüber hinaus auch die Notwendigkeit

des Eingreifens in den Erderwärmungsprozess zunehmend erkannt wird.

Die potentesten Treibhausgase, deren Ausstoß sich durch menschliche Aktivität verändert hat, sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxid (N₂O). Alle diese Gase verschließen durch ihre Absorptionsbande ein ansonsten offenes Strahlungsfenster in der Erdatmosphäre und vermindern somit die langwellige Abstrahlung der Erde in den Weltraum. Gemäß des Berichts des Intergovernmental Panel on Climate Change „Climate Change 2007: Synthesis Report – Summary for Policymakers“ ([IPCC 2007]) hat sich die Ausstoßrate dieser Gase per Jahr - gemessen an dem Wert von 1970 und ausgedrückt in Kohlendioxidäquivalent - um ca. 70 % erhöht. Anthropogene Steigerungen finden jedoch bereits seit dem Beginn der Industrialisierung statt. Dazu zeitlich parallel wurden und werden signifikante Änderungen verschiedener, interessierender Parameter beobachtet: der Anstieg der globalen Oberflächentemperatur der Erde, der Anstieg der globalen, durchschnittlichen Meeresspiegelhöhe und die Abnahme der Schneedeckung in der nördlichen Hemisphäre. Diese beobachteten Veränderungen sind deckungsgleich mit den Ergebnissen von Klimasimulationsrechnungen, die auf der Basis unterschiedlicher Modellannahmen durchgeführt wurden und welche den Verlauf der Erdoberflächentemperatur der vergangenen 100 Jahre darstellen. Mithilfe der Simulationsmodelle wurde für alle Kontinente der reale Verlauf der Erdtemperatur einem hypothetischen Temperaturverlauf ohne anthropogenen Einfluss gegenübergestellt. Die dargestellten Ergebnisse verdeutlichen, dass die menschliche Aktivität der letzten 100 Jahre zu einem Anstieg der mittleren Erdoberflächentemperatur von etwa einem Grad Kelvin geführt hat.

Ein weiterer Anstieg der Erdtemperatur über das bisher vorliegende Maß ist sicher. Selbst bei einer hypothetischen Begrenzung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf die Konzentration des Jahres 2000 wäre für dieses Jahrhundert immer noch mit einem Temperaturanstieg von 0,1 Grad Kelvin pro Dekade zu rechnen. Angesichts der großen Anzahl industriell unterentwickelter Länder der Erde und des global eher schleppend verlaufenden Prozesses der Einigung auf eine relevante Begrenzung des zukünftigen Treibhausgasausstoßes ist jedoch mit einer weiteren deutlichen Steigerung der Emissionen zu rechnen ([IPCC 2007]).

Der oben genannte Synthesis Report 2007 stellt unterschiedliche Szenarien für die globale Entwicklung der Treibhausgasemissionen und die damit verbundene Entwicklung der Erdtemperatur auf der Basis unterschiedlicher Simulationsmodelle dar. Je nach Szenario ist demnach mit einer geschätzten weiteren Erwärmung um bis zu 6 Grad Kelvin bis zum Jahr 2100 zu rechnen, vorausgesetzt, es werden keine konsequenten Maßnahmen umgesetzt, den Ausstoß signifikant zu bremsen und zu begrenzen.

Naturgemäß hat dieser Temperaturanstieg vielfältige Auswirkungen auf die Ökosysteme der Erde, die Nahrungsmittelversorgung, die Gesundheitsbedingungen und in der Konsequenz auf die sozialen Strukturen der Gesellschaft. Die Konsequenzen sind regional unterschiedlich verteilt und können lokal sogar eine Verbesserung bestimmter Bedingungen zur Folge haben (z.B. Anbaubedingungen für Getreide). In der Bilanz sind die Folgen jedoch erheblich ([IPCC 2007]):

- *Einer höheren Verfügbarkeit an Trinkwasser in manchen Gebieten steht eine dramatische Verknappung an anderer Stelle gegenüber.*
- *Mit ansteigender Temperatur erhöht sich der Prozentsatz der Spezies, die vom Aussterben bedroht sind.*
- *Die Erträge der Landwirtschaft sinken in der Bilanz, d.h. die Nahrungsmittelversorgung wird zunehmend erschwert.*
- *Die Häufigkeit und Schwere von Überschwemmungen durch Flüsse und in Küstenregionen steigen an, Küsten-*

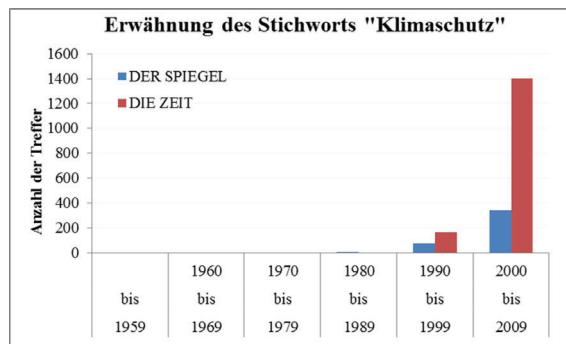


Abbildung 03
Trefferanzahl für das Stichwort „Klimaschutz“ für eine Suche im Online-Rechercheportal von Spiegel und Zeit, getrennt nach Jahrzehnten, Quelle: [Spiegel 2012], [Zeit 2012].

striche sind durch den Anstieg des Meeresspiegels und durch Erosionskräfte bedroht.

- Die Intensität und die Häufigkeit von Regenfällen und Stürmen nehmen zu.
- Die Häufigkeit von hitzebedingten Krankheiten steigt an, Krankheitserreger finden bessere Ausbreitungsmöglichkeiten vor, die Gesundheitssysteme werden signifikant höher belastet.

Viele dieser Konsequenzen sind nicht mehr umgebar, daher ist ein großer Kompensationsaufwand erforderlich, um die gesellschaftlichen Folgen der Erderwärmung abzumildern. Offensichtlich sind jedoch vor allem Strategien erforderlich, die dazu dienen, den Ausstoß der Treibhausgase signifikant und dauerhaft zu senken und somit die erforderlichen Kompensationsmaßnahmen zu begrenzen.

1.1.2 Politischer und gesellschaftlicher Kontext

Der weltweit stetig ansteigende Energieverbrauch ist nicht nur von der oben beschriebenen Klimagas-anreicherung in der Atmosphäre begleitet, sondern steht einer zunehmenden Ressourcenknappheit gegenüber. Die Primärenergieressourcen sind zudem global ungleich verteilt, wodurch erhebliche internationale Abhängigkeiten bestehen. Nach Angaben des Statistischen Büros der Europäischen Kommission Eurostat [Eurostat 2012a] lag die Energieabhängigkeit (Nettoenergieimport dividiert durch Bruttoinlandsenergieverbrauch inklusive Lager) der EU27 im Jahr 2010 bei 52,7 % (Deutschland: 59,8 %). Dies entspricht einer Steigerung um ca. 15 % bezogen auf 1998 (Deutschland: etwa konstant), was die Tendenz einer zunehmenden Versorgungsabhängigkeit verdeutlicht.

2009 setzte sich der Ölimport der EU27 (84,1 % des Bedarfs wurden von außerhalb der EU27 importiert) zu 33,1 % aus Importen aus Russland und zu knapp 40 % aus Importen politisch tendenziell instabiler Länder des Nahen Ostens bzw. des ehemaligen Sowjetblocks zusammen (Erdgas: 64,2 % des Bedarfs: 34,2 % und knapp 30 %, [Eurostat 2012b]). Der zunehmende Energiebedarf Europas - unter abnehmenden eigenen Ressourcen - wird voraussichtlich zu einem zukünftig ansteigenden Importbedarf und somit zu einer größeren Abhängigkeit führen. Die globale Ressourcenknappheit neben einem global ebenfalls rasant ansteigenden Energiebedarf verschärft diesen Widerspruch. Nach Einschätzung einer Studie der Bertelsmannstiftung [Brummer & Weiss 2007] werden dadurch die Risiken für die Energiesicherheit Europas stetig wachsen, wodurch Spannungen und Konflikte vorprogrammiert sind. Es sei mit Verteilungskonflikten zu rechnen, „deren mögliches Ausmaß und deren Kosten die Zeit des Kalten Krieges noch in den Schatten stellen könnten“ ([Brummer & Weiss 2007], S. 5). Der Weg zur politischen Vorteilnahme und somit zur Politisierung der Energiefrage ist lange beschritten, wie die seit Ende 2005 währenden, vermutlich politisch motivierten, Konflikte zwischen Russland und der Ukraine um den Gas- und den Gastransitpreis und außerdem die Konflikte zwischen Russland und Weißrussland um die Öllieferungen seit 2007 zeigen. Die oben erwähnte Bertelsmannstudie verweist zudem auf die gelegentlich aus nationalem Energieinteresse erschwerten oder gar torpedierten Einigungsprozesse der internationalen Staatengemeinschaft UN bei Entscheidungen über die Politik gegenüber autoritären aber energiepotenten Staaten. Als Beispiele seien hierfür die Verhandlungsblockade und schließlich die Enthaltung Chinas bei der Abstimmung über Sanktionen gegenüber dem Sudan - einem wichtigen Öllieferanten Chinas, (Resolution 1591) - oder die kontinuierliche Verzögerungshaltung Russlands und Chinas bei Verhandlungen über Sanktionen gegenüber dem Iran genannt.

1.2 Die Rolle von Gebäuden für den Energieverbrauch

1.2.1 Energieverbrauchsstruktur

Die vorhergehenden Kapitel verdeutlichen, dass ein Versagen bei dem Bemühen, den Energieverbrauch drastisch zu senken, katastrophale ökologische und politische Folgen haben wird. Entsprechend zielgerichtete Maßnahmen setzen jedoch die Kenntnis der Verbrauchsstruktur voraus. Nachfolgend sind hierzu die bekannten Daten aufgeführt.

Für 2004 gibt der „Synthesis Report 2007“ [IPCC 2007] die Verteilung der Treibhausgasemissionen gemäß der Tabelle 01 für die verschiedenen Sektoren an. Die Aufteilung ist nicht eindeutig: Z.B. geht nicht klar aus diesen Daten hervor, ob sich der aufgeführte Gebäudeanteil lediglich auf den Bauprozess oder auch auf den Betrieb bezieht. Die Energieversorgung – die ja auch den Gebäudebetrieb betrifft – könnte dann sektorübergreifend aufaddiert sein.

Der Bericht „Buildings and Climate Change – Status, Challenges and Opportunities“ des United Nations Environment Program von 2007 ([Huovila et al. 2007]) notiert, dass in den OECD-Staaten ca. 25 bis 40 % des gesamten Energieverbrauchs auf den Gebäudesektor entfallen, in Europa lag der Anteil bisher bei ca. 45 %. Weltweit weitestgehend übereinstimmend verteilt sich der Verbrauch innerhalb des Gebäudesektors mit etwa 15 bis 20 % auf die Errichtung und mit einem sehr geringen Anteil von ca. 1 % auf den Abriss des Gebäudes. Der verbleibende Teil entfällt auf den Betrieb des Gebäudes (in Europa ca. 36 % des Gesamtenergieverbrauchs aller Sektoren). Je nach klimatischem und soziokulturellem Zusammenhang teilt sich der Energieverbrauch verschiedener Gebäudetypen während des Betriebs unterschiedlich auf die Verbrauchsziele auf. Durchgehend wird der Energieverbrauch jedoch durch den Bedarf an Beheizung, Kühlung, künstlicher Beleuchtung und Warmwasserbereitung dominiert. Hinzu kommen der Bedarf an mechanischer Belüftung, Lebensmittelkühlung und -zubereitung und verschiedene andere, mengenmäßig untergeordnete Belange.

Der „CO₂ Gebäudereport 2007“ des deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ([Friedrich et al. 2007]) stellt fest, dass ca. 40 % des bundesdeutschen Endenergieverbrauchs auf den Bedarf an Heizwärme (Raumheizung und Warmwasser) entfällt. Über die Hälfte davon wird von privaten Haushalten verbraucht. Hier entfallen 85 % des privaten, gebäudegebundenen Energieverbrauchs auf die Heizwärme.

Die vorliegenden Daten ergeben kein ausgesprochen differenziertes Bild der Energieverbrauchsstruktur in Gebäuden. Jedoch wird klar, dass auf den Betrieb von Gebäuden grundsätzlich ein erheblicher Anteil des gesamten Energiebedarfs entfällt. Dort wo ein hoher Energieverbrauch stattfindet, ist in der Regel auch ein hohes Einsparpotenzial zu erwarten. Im nachfolgenden Kapitel wird daher zusammenfassend skizziert, welche Wege hierfür offen sind und in welchem Maß sie genutzt werden.

1.2.2 Energieeffizienz in Gebäuden

Eine Reduktion des für den Betrieb eines Gebäudes notwendigen Ressourceneinsatzes kann sowohl durch die Anpassung des Verbrauchsziels, d.h. durch Absenkung des Zielniveaus, oder durch effizientere Prozesse erreicht werden. Die Absenkung des Zielniveaus, sprich der Verzicht auf den Einsatz von Ressourcen, birgt Potenzial, ist jedoch nicht in einem beliebigen Maß zumutbar, da ansonsten gewohnte Standards empfindlich verletzt werden. Die Prozessoptimierung nimmt daher eine wichtige Position ein.

Im oben dargestellten Kontext der klimatischen und politischen Konsequenzen des momentan praktizierten Umgangs mit Ressourcen muss zwischen dem Energie- und dem Kohlendioxideinsatz differenziert werden. Aus einem naiven Blickwinkel erscheint es zunächst denkbar, den CO₂-Einsatz aller erforderlichen Prozesse mithilfe regenerativer Energien auf ein im Sinne des Klimaschutzes vertretbares Maß zu reduzieren. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ([Böhme & Mark 2009]) kommt jedoch auf der Basis unterschiedlicher Studien zu dem Schluss, dass das nationale Potenzial der erneuerbaren Energien bei der momentanen Energieverbrauchsrate hierfür nicht ausreicht. Als „langfristig realisierbares, nachhaltiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffherzeugung in Deutschland“ wird ein prozentualer Endenergieanteil von ca. 60 % angesehen. Die verbleibenden 40 % müssten somit weiter-

Tabelle 01

Verteilung der Treibhausgasemissionen gemäß IPCC „Synthesis Report 2007“ für 2004, Quelle: [IPCC 2007].

Sektor	Anteil
Waste and wastewater	2,8 %
Energy supply	25,9 %
Transport	13,1 %
Residential & commercial buildings	7,9 %
Industry	19,4 %
Agriculture	13,5 %
Forestry	17,4 %

hin importiert werden, was – insbesondere mit Blick auf den Solarstrom – zu einer vergleichbaren politischen Abhängigkeit führen könnte, wie sie derzeit besteht bzw. prognostiziert wird.

Der Prozessoptimierung außerhalb des Einsatzbereichs regenerativer Energiequellen wird daher stets eine bedeutende Rolle zukommen. Neben den Prozessen zur Aufbereitung und Nutzbarmachung konservativer Rohstoffe, z.B. in der Kraftwerkstechnologie, zählt hierzu natürlich die Energieeffizienz des Gebäudebetriebs selber. Diese teilt sich wiederum in die technisch „aktive“ Seite, also die Anlagentechnik, und die „passive“ Seite des Gebäudes auf. Zu Letzterer zählen klassischerweise Aspekte wie die Gebäudekonstruktion, d.h. z.B. Dämmstärken, Fensterqualitäten oder auch Sonnenschutzvorrichtungen. Jedoch – und dies soll u.a. im Zuge dieser Arbeit verdeutlicht werden – hängt die Effizienz des Großteils sowohl der aktiven als auch der passiven Elemente von der Art und Weise ab, wie der Gebäudenutzer mit diesen Elementen interagiert. Als maßgebliche Grundlage der Betriebseffizienz muss daher die Qualität der Anpassung dieser „aktiven“ und „passiven“ Maßnahmen an die Eigenschaften und Handlungsziele des Gebäudenutzers angesehen werden.

1.3 Planungs- und Prognosemethoden für den Energieverbrauch von Gebäuden

1.3.1 Genormte Rechenverfahren

Das Ziel, Gebäude immer ressourcenschonender zu betreiben, wird auf verschiedenen gesellschaftlichen Ebenen verfolgt und umgesetzt. Treibende Kraft der letzten Jahrzehnte war vornehmlich der immer schärfere Anforderungen formulierende ordnungspolitische Rahmen, der in Gestalt der Wärmeschutz-, Heizanlagen- und später der Energieeinsparverordnung die diesbezüglichen Forderungen des Energieeinspargesetzes vom 22. Juli 1976 [EnEG 1976] umsetzt. Zunehmend sind auch die durch höhere Energiepreise ansteigenden Betriebskosten und die beginnende gesellschaftliche Ächtung ressourcenverschwendender Technologien antreibende Momente für die Umsetzung und Fortentwicklung.

Der Verschärfung der Anforderungen an den Energieverbrauch zog in der Vergangenheit die Entwicklung entsprechend verbesserter Technologien nach sich. Dies bezieht sich einerseits auf die Produktebene – beispielsweise effizientere Heiz- und Kühlsysteme oder verbesserte Beschichtungssysteme für Verglasungen – und andererseits auf die vorgeschaltete Planungsphase mit ihren Anforderungen an zuverlässige Planungs- und Prognoseinstrumente zur Vorhersage der Gebäudequalitäten im späteren Betrieb.

Ein für die Qualitätsprognose anerkannter Mindeststandard sind die vielfältigen Normungsschriften, deren Anzahl und Umfang in den letzten Jahrzehnten enorm angewachsen sind. Die erste Umsetzung des Energieeinspargesetzes erfolgte 1977 durch die Wärmeschutzverordnung 77 ([WärmeschutzV 1977]). Deren Anwendung erforderte mit der Bestimmung des flächengewichteten Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehüllfläche einen überschaubaren Rechenaufwand. Mit den darauf folgenden Novellierungen der Wärmeschutzverordnung wurde der Bezugsrahmen auf bauliche Änderungen erweitert, Kühlung als zu betrachtendes Verbrauchsziel eingeführt und schließlich 1995 ein Bilanzierungssystem eingeführt, das die wesentlichen Verluste und Gewinne eines Gebäudes berücksichtigte ([WärmeschutzV 1994]). 2002 erfolgte die Umstellung auf die Energieeinsparverordnung [EnEV 2001], die die Verfahren der Wärmeschutzverordnung und der Heizanlagenverordnung 1998 [HeizAnlV 1998] zusammenfasste und somit den Bilanzraum von der reinen Nutzenergie auf die End- bzw. Primärenergie erweiterte. Der hierfür zu betreibende rechnerische Aufwand war im Vergleich zu 1977 erheblich angewachsen. Die Umsetzung erfolgte nach dem Rechenverfahren der (jetzt nicht mehr gültigen) [Norm DIN EN 832 2003] in Kombination mit [Norm DIN V 4108-6 2003] und [Norm DIN V 4701-10 2003] und war nur noch mit EDV-Unterstützung, jedoch nicht mehr händisch zu bewältigen. Die zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit gültige Fassung der EnEV trat am 1.10.2009 in Kraft ([EnEV 2009]). Sie bilanziert den energetischen Aufwand, der zur Versorgung mit Warmwasser, Beheizung, Kühlung, Lüftung und künstlicher Belichtung des Gebäudes erforderlich ist. Das dazugehörige Rechenverfahren ist in der mehrere Teile und mehrere Hundert Seiten umfassenden [Norm DIN V 18599] geregelt.

1.3.2 Das Verfahren der dynamischen, thermischen Gebäudesimulation

Parallel zur Entwicklung dieser Normungsverfahren sind dynamische Simulationsverfahren entstanden, deren vorrangiges Ziel es war und ist, die physikalischen Prozesse in und um ein Gebäude herum exakt abzubilden und daraus Informationen über die zukünftigen Raumtemperaturen und Energieverbrauchsdaten abzuleiten. Sie werden verwendet, um Planungskonzepte zu erstellen und deren Leistungsfähigkeit vorab zu quantifizieren. Dynamische Simulationswerkzeuge sind mit der Verfügbarkeit von Rechenleistung entstanden und waren von Anfang an darauf ausgelegt, EDV-gestützt betrieben zu werden. Parallel zur zunehmenden Rechenleistung wurden die Modelle komplexer und umfangreicher und somit der Anwendungsrahmen immer breiter. Die Verfügbarkeit von Bürocomputersystemen führte zudem zu einer weiten Verbreitung in der Planungslandschaft.

Momentan existieren somit zwei Entwicklungszweige, deren Ziele sich zum Teil überschneiden. Auf der einen Seite befindet sich die Umsetzung einer ordnungspolitischen Rahmenvorgabe - die Begrenzung des Energieverbrauchs durch den Betrieb von Gebäuden auf ein zulässiges Höchstmaß - und das dazugehörige normierte Rechenverfahren. Die Normierung des Rechenverfahrens ist dabei notwendig, um eine einheitliche Vergleichs- und Entscheidungsgrundlage zur Verfügung zu stellen. Auf der anderen Seite steht das Verfahren der dynamischen Gebäudesimulation, dessen Verfahren nicht normiert, sondern im Wesentlichen frei ist (abgesehen von einigen Basisanforderungen an die Rechengenauigkeit und einigen rudimentären methodischen Empfehlungen durch die [Richtlinie VDI 6020-1 2001]). Der Planer entscheidet über den Detaillierungsgrad und den Bilanzierungsrahmen. Der Vorteil gegenüber dem starren Normverfahren ist die Flexibilität der dynamischen Gebäudesimulation, mithilfe derer neuartige Energiekonzepte erstellt und virtuell erprobt werden können. Nachfolgend soll dieses Verfahren näher erläutert werden.

1.3.2.1 Verfahrensbeschreibung

Derzeit gibt es auf dem Markt zahlreiche Programmpakete für die thermische Simulation von Gebäuden. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen hinsichtlich ihres Simulationsumfangs, d.h. hinsichtlich der Anzahl der abbildbaren, physikalischen Prozesse, ihres Detaillierungsgrades und hinsichtlich der Zugriffsmöglichkeiten des Anwenders auf den Quellcode. Sie adressieren damit unterschiedliche Anwendertypen (z.B. Wissenschaft vs. praktische Anwendung). An dieser Stelle kann und soll jedoch keine Übersicht über die verfügbaren Programme und ihre spezifischen Vor- und Nachteile dargestellt, sondern lediglich die gemeinsamen Verfahrenseigenschaften beschrieben werden.

Mithilfe der thermischen Gebäudesimulation lässt sich der Einfluss des lokalen Klimas und der Gebäudenutzung auf die Temperaturentwicklung und den Energieverbrauch des Gebäudes vorhersagen. Dabei wird die Simulation über einen definierten Zeitraum - in den meisten Anwendungsfällen 8760 Stunden, d.h. ein Jahr - durchgeführt. Dieser Zeitraum wird dabei in definierte, diskrete Zeitschritte praktischer Größe unterteilt. Übliche Zeitschrittlängen liegen im Bereich von 15 Minuten bis 2 Stunden. Angefangen bei den Startbedingungen der Simulation werden alle energetischen und materiellen Einflussgrößen, die innerhalb dieses Zeitschritts auf das Gebäude einwirken, wie z.B. die momentane Solareinstrahlung, die momentanen Lüftungsdaten, die momentane Wärmeabgabe des Nutzers, usw., bilanziert und dafür verwendet, den thermischen Zustand des Gebäudes am Ende des Zeitschritts zu berechnen. Der so bestimmte Zustand am Zeitschrittsende stellt somit die neuen Anfangsbedingungen für den darauffolgenden Zeitschritt dar. Bei dieser Bilanzierung werden - je nach Detaillierungsgrad des Modells und je nach Zielrichtung der Planung mit unterschiedlicher Genauigkeit - die Emissions-, Absorptions-, Reflexions-, Transmissions- und Speichereigenschaften des Gebäudes mit Bezug auf die relevanten energetischen und materiellen Umgebungsbedingungen berücksichtigt. Dabei handelt es sich z.B. um die Größen Strahlung, Temperatur, Feuchte und Luftmenge.

1.3.2.2 Vorteile und Einsatzgebiet der dynamischen Gebäudesimulation

Die in einem Gebäude während seiner Nutzung stattfindenden physikalischen Prozesse können mithilfe einer dynamischen Gebäudesimulation sehr flexibel und exakt abgebildet werden. Dieses Verfahren bietet somit die

Möglichkeit, die Wirkungsweise unterschiedlicher Planungsansätze virtuell zu überprüfen. Somit steht ein sehr mächtiges Planungsinstrument zur Verfügung.

Die genannte Flexibilität und Mächtigkeit führt jedoch zwingend zu der Frage, welche Effekte in die Abbildung mit einbezogen werden müssen und welche ohne allzu große Genauigkeitsverluste - gemessen an der Planungsaufgabe - vernachlässigt werden können. Wo befinden sich die Grenzen akzeptabler Genauigkeitsverluste und welche Konsequenzen hat es, wenn Prognose und Realität nicht übereinstimmen? Diese Fragen können nur im Einzelfall und niemals pauschal beantwortet werden. Zusätzlich muss vergewagt werden, dass ein Spezifikum des Bauens – z.B. im Vergleich mit der Automobilindustrie – darin besteht, dass praktisch ausschließlich Prototypen gebaut werden, deren Leistung vorab niemals in realen, sondern eben nur in virtuellen Testläufen überprüft bzw. abgeschätzt werden kann. Ist das Gebäude fertiggestellt, kann von einer Lebensdauer von ca. 50 bis 80 Jahren und darüber hinaus ausgegangen werden. Fehlprognosen des Energieverbrauchs führen somit zu Baufehlern, die nicht kurzfristig korrigiert werden können.

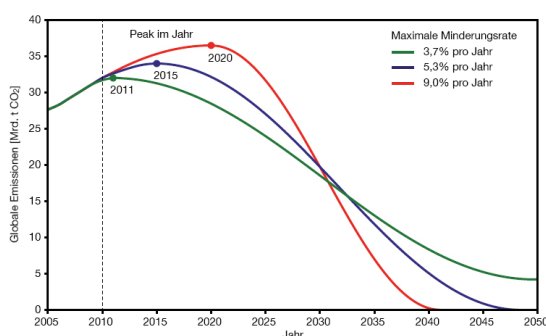


Abbildung 04

Peak-Jahre, ab denen die Minderungsrate für den CO₂-Ausstoß nicht mehr unter den genannten Wert fallen darf, um das sogenannte „2°-Ziel“ zu erreichen, Quelle: [WBGU 2009].

Die hier genannten, bauspezifischen Zusammenhänge erhalten vor dem Hintergrund des in 1.1 und 1.2 dargestellten Kontextes eine erhebliche Bedeutung: Um das sogenannte „2°-Ziel“ - d.h. die Begrenzung der Erderwärmung auf einen Wert von 2 Grad Kelvin mit einer Zweidrittelwahrscheinlichkeit - zu erreichen, sind bestimmte Minderungsraten des CO₂-Ausstoßes erforderlich. Die Abbildung 04 stellt die Prognose dieser Minderungsraten dar, die vom „Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung – Globale Umweltveränderungen“ in Abhängigkeit des Peak-Jahres des Ausstoßes getroffen wurde ([WBGU 2009]). Bezieht man diese Information in die obige Betrachtung der Lebensdauer eines Gebäudes ein, so wird deutlich, dass Prognosefehler im Gebäudebereich aufgrund der langfristigen Konsequenzen kritische Folgen haben werden.

1.3.2.3 Schwachstellen der dynamischen Gebäudesimulation

Die dynamische Gebäudesimulation weist neben den oben beschriebenen Stärken auch Schwächen auf. Diese sind zum Teil struktureller Art und somit nicht ausgleichbar, zum Teil jedoch auch Gegenstand von Weiterentwicklungen und somit über die Zeit lösbar. Die drei wesentlichen Problemstellungen werden nachfolgend skizziert.

Eine strukturelle Schwäche der Gebäudesimulation besteht in der Notwendigkeit, Wetterdaten als Randbedingung für die Simulationsrechnungen anzunehmen. Diese sind naturgemäß nicht prognostizierbar, sodass auf statistisch aufbereitete Datensätze auf der Basis gemessener Klimadaten zurückgegriffen wird. Diese strukturelle Schwachstelle lässt sich nicht beheben, trifft aber für jedes Prognoseverfahren zu und ist somit kein Nachteil, der das Verfahren der Gebäudesimulation spezifiziert. Tatsächlich lassen sich die daraus entstehenden Unsicherheiten durch Verwendung von Wetterdatensätzen, die an die Planungsaufgabe angepasst sind, gut ausgleichen. Z.B. kann für die Betrachtung des Heizwärmebedarfs auf statistisch kalte Jahre und für die Betrachtung des Kühlbedarfs auf statistisch warme Jahre zurückgegriffen und somit eine Extremwertbetrachtung durchgeführt werden. Darüber hinaus können die Ergebnisse einer dynamischen Gebäudesimulation niemals als konkrete Prognose exakter Temperatur- oder Verbrauchswerte angesehen werden. Vielmehr erlaubt sie, die Güte verschiedener Planungsvarianten durch Quantifizierung untereinander vergleichbar zu machen. Aus dieser Sicht handelt es sich also nicht um eine schwerwiegende Schwäche.

Ein weiterer Schwachpunkt der Gebäudesimulation ist die Tatsache, dass es sich dabei um ein sogenanntes Knotenverfahren handelt. D.h. konkret, dass das Volumen des Gebäudes nicht räumlich aufgelöst wird, sondern

verschiedene Bereiche des Gebäudes - üblicherweise die Räume und die Trennkonstruktionen - rechnerisch jeweils zu einem Punkt ohne räumliche Ausdehnung zusammengefasst werden. Alle Energieströme werden somit für diese Knoten bilanziert. Dies hat zur Folge, dass räumlich differenzierte Werte nicht berechenbar sind. Informationen über Temperaturschichtungen, Strömungsmuster oder unterschiedliche Beleuchtungsstärken innerhalb eines Raums sind nicht ohne Weiteres erhältlich. In einigen Fällen sind zusätzliche Informationen generierbar, indem Annahmen getroffen und die Knotenergebnisse mit Hilfe von Zusatzmodellen umgerechnet werden. Z.B. kann unter Annahme eines Schichtungsprofils aus einer Knotentemperatur eine Temperaturverteilung über die Höhe eines Raums abgeschätzt werden. Bei vielen Fragestellungen sind jedoch genauere Aussagen, z.B. über die Strömungsmuster innerhalb eines Raums, erforderlich. Für diese Art der Berechnung stehen jedoch lediglich aufwendige Methoden wie das Computational Fluid Dynamics (CFD) zur Verfügung. Die Ankopplung von CFD Modellen an die dynamische Gebäudesimulation ist zwar Gegenstand von Entwicklungsarbeiten (siehe z.B. [Djunaedy et al. 2003], [Djunaedy 2005]), jedoch ist die für die Berechnung dynamischer Strömungsmuster erforderliche Rechenzeit mit der notwendigen zeitlichen Diskretisierung dynamischer Gebäudesimulationen nicht kompatibel. Diese Problematik wird sich vermutlich mit der Verbesserung der Computer-Rechenleistungen entschärfen, jedoch verbleibt auch hier ein strukturelles Problem, das von der Rechenleistung unabhängig ist: Die Berechnung lokaler Strömungsmuster erfordert Informationen über lokale geometrische Bedingungen, d.h. konkret, es müssten Informationen z.B. über die zukünftige Möblierung vorliegen. Dies ist offensichtlich in der überwiegenden Anzahl der Planungssituationen nicht der Fall. Der Informationsgewinn durch Ankopplung von CFD an die thermische Gebäudesimulation ist also zum Teil virtueller Natur und es wäre aus Sicht der Recheneffizienz (Aufwand vs. Genauigkeit) wünschenswert, ein semi-analytisches Modell mittlerer Komplexität zur Verfügung zu haben. Momentan ist ein solches Modell nicht vorhanden.

Der dritte problematische - und im Rahmen dieser Arbeit vornehmlich betrachtete - Aspekt der Gebäudesimulation ist die Prognostizierbarkeit menschlichen Verhaltens in Gebäuden. Dem Nutzer eines Gebäudes stehen eine Reihe unterschiedlicher Instrumente zur Verfügung, mithilfe derer er Einfluss auf seine Umgebungsbedingungen nehmen kann. Hierzu zählen z.B. Fensterflügel, Sonnenschutz, Kunstlicht, lokal steuerbare Heiz- und Kühlsysteme und Verschiedenes mehr. Die Eigenart des Eingriffs, also z.B. die Häufigkeit, die Präferenz oder der Eingriffszeitpunkt, üben offensichtlich Einfluss auf die Temperaturen und den Energieverbrauch des Gebäudes aus. Es existieren gegenwärtig zwar Interaktionsmodelle, welche die Wahrscheinlichkeit für Interaktionshandlungen eines Gebäudenutzers auf der Basis von Innenraum-Umgebungsbedingungen vorhersagen, allerdings handelt es sich bei diesen Modellen lediglich um statistische Modelle. Für die Modellentwicklung wurden die Innenraum-Umgebungsbedingungen messtechnisch erfasst und gleichzeitig das Nutzerverhalten beobachtet, sodass auf dieser Basis Korrelationsbetrachtungen durchgeführt werden konnten. Aussagen über den kausalen Zusammenhang zwischen individuellem Handeln und Umgebungsbedingungen lassen sich auf diese Art jedoch nicht treffen, sodass die Übertragbarkeit solcher Modelle auf andere Gebäude und andere Nutzer sehr begrenzt ist.

Tatsächlich bestehen zu den Regelmäßigkeiten des Nutzerverhaltens in Gebäuden kaum inhaltliche Erkenntnisse ([Parsons 2003]). Eine weitere Verbesserung der physikalischen Modelle im Sinne einer höheren numerischen Genauigkeit erscheint daher angesichts dieses offenkundigen Mangels nicht als dringend. Größere Fortschritte sind viel eher von Erkenntnissen über das Nutzerverhalten zu erwarten, wie verschiedene Untersuchungen aufzeigen: Die theoretischen, thematisch eingegrenzten Betrachtungen von [Newsham 1994] oder auch [Bourgeois et al. 2005] legen es sehr nahe, dass die Auswirkung der Modellierung des Nutzerverhaltens auf die Prognose von Behaglichkeit und Energieverbrauch erheblich ist. Messungen tatsächlicher Energieverbrauchsdaten zahlreicher identischer Gebäude, die sich lediglich durch die Nutzer unterscheiden, belegen erhebliche Streuungen der Messwerte um den Mittelwert ([Mass & Kaiser 1999], [Maas et al. 1999]). Die Unterschiede der Verbrauchsdaten zwischen den einzelnen Gebäuden sind daher offensichtlich einem unterschiedlichen Verhalten der Gebäudenutzer zuzuordnen. [Pfafferott & Herkel 2007] präsentierten außerdem gemessene Temperaturdaten von insgesamt 16 baulich identischen Büroräumen, die jedoch von unterschiedlichen Individuen genutzt wurden. Die Unterschiede der gemessenen *mittleren* Tagestemperaturen betragen bis zu einem Kelvin über einen Beobachtungszeitraum von nur 42 Tagen und können vollständig dem unterschiedlichen Interaktionsverhalten der Nutzer mit den Räumen zugeordnet werden.

1.4 Zusammenfassende Einordnung dieser Arbeit

Auf den vorhergehenden Seiten wurde, ausgehend vom übergeordneten Kontext der gesellschaftlichen und klimatischen Bedeutung von Energiefragen, der Rahmen für diese Arbeit durch eine sukzessive Verengung dieses Kontextes auf die Frage der Prognosegenauigkeit von Planungsinstrumenten gesetzt. Es konnte gezeigt werden, dass die korrekte Prognose des Energieverbrauchs von Gebäuden - aufgrund des hohen Anteils am Gesamtenergieverbrauch und der Langlebigkeit von Gebäuden - von erheblicher Relevanz für die Klimaschutzziele der Staatengemeinschaft ist. Daher ist es notwendig, an die Methoden, die für die Planung des Energieverbrauchs von Gebäuden verwendet werden, höchste Ansprüche zu stellen.

Die thermische Gebäudesimulation zählt bereits zu den genauesten Prognoseinstrumenten der Gebäudeplanung und weist dennoch mindestens drei Schwachpunkte auf. Unter diesen Schwächen stellt die mangelhafte Vorhersagbarkeit des Nutzerverhaltens offenbar einen wesentlichen Punkt dar: Verschiedene empirische Daten und auch theoretische Überlegungen weisen deutlich darauf hin, dass von einer verlässlichen Prognose des Nutzerverhaltens in Gebäuden eine erhebliche Verbesserung der Vorhersage von Energieverbräuchen in und von Gebäuden zu erwarten ist. Die gegenwärtig verfügbaren Modelle zur Vorhersage des Nutzerverhaltens sind jedoch nur eingeschränkt anwendbar, da sich die empirisch gewonnenen Daten nur begrenzt auf andere Gebäude und andere Nutzer übertragen lassen. Ein Kausalmodell, welches die Regelmäßigkeiten des Nutzerverhaltens auf der Basis psychologischer (Rahmen-) Theorien berücksichtigt, existiert zurzeit nicht.

Das langfristige Ziel dieser Forschungsarbeit besteht daher darin, ein numerisches Prognosemodell für das Verhalten von Nutzern in Gebäuden zur Integration in die Gebäudesimulation zu entwickeln, welches auf kausalen, aus psychologischen (Rahmen-)Theorien abgeleiteten Zusammenhängen basiert. Nach momentanem Kenntnisstand lässt sich eine solche Entwicklung in drei Phasen aufteilen: Zunächst ist es erforderlich, die wissenschaftlich-psychologischen Grundlagen für die Entwicklung eines solchen Modells zu erarbeiten. Diese theoretischen Grundlagen müssen anschließend mathematisch operationalisiert und zu einem numerischen Gesamtmodell zusammengeführt werden. Für dieses Gesamtmodell ist abschließend eine Validierung durch Feldversuche erforderlich. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der ersten Phase dieser Dreiteilung, d.h. der methodischen Erarbeitung der theoretischen Grundlagen für ein solches Interaktionsmodell.

Es wurde bereits erwähnt, dass verschiedene Modelle für die Vorhersage des Nutzerverhaltens existieren, diese jedoch statistischer Natur sind und keine verlässliche Prognose ermöglichen. Um die konkreten Defizite dieser existierenden Modelle gezielt aufzuzeigen und damit gegenüber dem Verfahren abzugrenzen, das in dieser Arbeit vorgeschlagen wird, werden die wesentlichen Modelle im nachfolgenden Abschnitt 2 einzeln referiert. Im darauf folgenden Abschnitt 3 erfolgt dann eine strukturierte Zusammenfassung dieser einzeln referierten Modelle, indem zusammenfassend aufgeführt wird, welche Bestimmungsgrößen in welchem Umfang und in welcher Form bei der Modellbildung berücksichtigt wurden. Auf dieser Zusammenfassung basiert die Defizitanalyse dieser Modelle, welche dann die Grundlage für die weitere Bearbeitung bildet.

2. DERZEITIGER STAND DER FORSCHUNG ZUM HUMANANTEIL IN DER GEBÄUDE- SIMULATION



2.1 Der Gebäudenutzer als passiver Rezipient oder als selbstbestimmt handelnder Akteur

Mit der etwa in den 1920ern aufgekommenen Möglichkeit, Gebäude zentral zu klimatisieren, entwickelte sich über Jahrzehnte die Idee und der Wunsch, ein von den äußeren Bedingungen vollkommen unabhängiges Innenraumklima in Gebäuden erschaffen zu können. Der mangelnde Erfolg, mit dieser Methode für den Nutzer ideale Umgebungsbedingungen zu schaffen, das unter dem Namen „Sick Building Syndrome“ bekannt gewordene Krankheitsbild von Gebäudenutzern und das spätestens mit der Energiekrise entstandene Interesse an energiesparenden Methoden, ließen diese Strategie wieder stärker in den Hintergrund treten. Seit ca. Ende der 1980er und Anfang der 1990er bestand daher zunehmend das Bestreben, „natürliche“ Konzepte zur Regulierung der Innenraum-Umgebungsbedingungen zu entwickeln. Diese Konzepte sollten im Wesentlichen die physikalischen Eigenschaften des Gebäudes – wie z.B. seine thermische Masse – und die natürlichen Antriebe des Außenklimas – wie z.B. den thermischen Auftrieb warmer Luft – nutzen. Im Zentrum dieser Überlegungen stand und steht die Regelung der Innenraum-Umgebungsbedingungen über die Variabilität einer komplexen Gebäudehülle, die in erster Linie durch den Nutzer bedient wird.

Nach einer Phase der Entmündigung des Nutzers durch zentral betriebene Konditionierungsanlagen stand damit jedoch noch nicht zwingend das selbstbestimmte Interagieren des Nutzers mit dem Gebäude im Zentrum der Überlegungen. Um die physikalischen Eigenschaften der Konstruktion möglichst vollständig nutzen zu können, wurden häufig „natürliche Klimakonzepte“ entwickelt, die den Nutzer zu einem bestimmten Verhalten anhielten (so z.B. die Fenster nur zu öffnen wenn bestimmte Randbedingungen vorlagen). Das (virtuelle) Funktionieren der Konzepte hing somit von einem „richtigen“ Verhalten des Nutzers ab, der entsprechend instruiert werden musste und sich vor diesem Hintergrund also auch „falsch“ verhalten konnte.

Diese Art des Ansatzes wird nach wie vor umgesetzt. Beispielsweise kann das Überhitzungsverhalten eines Gebäudes theoretisch optimiert werden, indem der Nutzer angehalten wird, die Fenster zu schließen, sobald die Außentemperatur über der Raumtemperatur liegt. Davon abgesehen, dass dem Nutzer dafür exakte Informationen über die Temperaturen vorliegen müssten, lässt diese Empfehlung andere, physiologisch bedingte Bedürfnisse des Nutzers außer Acht (z.B. Frischluftzufuhr, Luftbewegung), sodass nicht zu erwarten ist, dass der Nutzer die in der Planung angesetzten Randbedingungen „korrekt“ einhält. Ein weiteres Beispiel sind die im Wohnungsbaubereich häufig empfohlenen und auch umgesetzten Atrien und Wintergärten, die als thermische Pufferzone für den Wohnraum fungieren sollen. In dieser Funktion sollen sie die Zuluft vorwärmen und als eine Art transparente Wärmedämmung für das Gebäude dienen. Die Verringerung des planerischen Heizwärmebedarfs stellt sich jedoch nur ein, wenn der Nutzer diese Atrien bestimmungsgemäß nur in Übergangszeiten (Frühjahr/Herbst) nutzt. Diese Vorgabe ignoriert das Nutzungsbedürfnis des Nutzers, auch diesen Raum effizient, also regelmäßig und kontinuierlich, zu nutzen. So kommt es in der Realität regelmäßig zu einer Konditionierung dieser i.d.R. schlecht gedämmten Räume mit der Folge eines insgesamt erhöhten Energieverbrauchs ([Foster & Oreszczyzn 2001]).

Das gestalterische Bedürfnis nach großen transparenten Flächen in der Gebäudehülle illustriert einen weiteren Aspekt. Häufig werden große Glasflächen mit dem Argument gerechtfertigt, sie trügen durch die solaren Gewinne zur Reduktion des winterlichen Wärmebedarfs bei und die offenbaren Nachteile der sommerlichen Überhitzung würden – bei entsprechendem Bedarf – durch die Verwendung effizienter Sonnenschutzvorrichtungen neutralisiert. Das Nutzerverhalten entspricht dieser Vorgabe in der Praxis jedoch oftmals nicht. Häufig werden Sonnenschutzvorrichtungen genutzt, um die durch den hohen Verglasungsanteil gestörte Privatsphäre wieder herzustellen. Darüber hinaus erfordert jede Bedienung eines Elements Aufwand und so kommt es immer wieder dazu, dass Sonnenschutzelemente nicht zurückgestellt werden, sondern in der geschlossenen Position verbleiben, wenn kein expliziter Bedarf nach Veränderung besteht. Die Folge ist ein erhöhter Kunstlichtbedarf und ein Ausschluss der planerisch angesetzten solaren Gewinne bei einem im Vergleich mit gedämmten Wänden minderwertigen U-Wert (siehe hierzu z.B. ebenfalls die Untersuchungen von [Foster & Oreszczyzn 2001]).

Diesen Ansätzen liegt die Vorstellung zugrunde, dass der Nutzer und das Gebäude kein transaktionales System bilden, sondern, nahezu unabhängig voneinander, parallel existieren. Der Nutzer ist aus dieser Perspektive Rezipient, nicht jedoch selbstbestimmt handelnder Akteur, sodass er fremdbestimmt und dem „Konzept“ untergeord-

net werden darf. Bei dieser Betrachtungsweise beschränkt sich die Modellierung des Interaktionsverhaltens des Nutzers auf die Aspekte der überindividuellen, d.h. dem Individuum übergeordneten, Handlungsvorgaben. Die Realität zeigt jedoch, dass sich das individuelle Handeln nicht ausschließlich an diesen überindividuellen Vorgaben orientiert. Die Konsequenz einer solchen realitätsfernen Betrachtung besteht häufig in der eingeschränkten Funktionsfähigkeit der aus diesem Planungsansatz entstehenden Gebäude.

In den vergangenen Jahren, spätestens mit Beginn der 1990er Jahre, hat sich jedoch die Einsicht in die Notwendigkeit durchgesetzt, den Nutzer eines Gebäudes nicht als passiven Rezipienten, sondern als aktiven Teilnehmer am Geschehen im Gebäude anzuerkennen. Mit diesem Paradigmenwechsel ist auch die unmittelbare Analyse des individuellen Umgangs mit der gebauten Umwelt zu einem Thema in der Gebäudesimulation geworden. Da der Nutzer in „freien Gebäuden“ - also jenen, in denen der Nutzer mit einem bestimmten Freiheitsgrad interagieren kann - die Möglichkeit erhält, sich aktiv zu verhalten, muss er auch in der Prognose von Energieverbrauch und Behaglichkeit eines Gebäudes berücksichtigt werden. Aus dieser Erkenntnis heraus wurden in den vergangenen Jahren Modelle für die Prognose des Nutzerverhaltens entwickelt. Diese Modelle sind naturgemäß einer Entwicklung unterworfen und haben so mit zunehmendem Erkenntnisstand an Komplexität gewonnen.

Nachfolgend sollen die wesentlichen Beiträge der letzten Jahre zu diesem Thema referiert werden. Um einen Überblick zu vermitteln, wird für die Darstellung ein eher beschreibender Strukturierungsansatz gewählt, der jedoch gleichzeitig versucht, in Einzelfällen logisch-kritisch zu beleuchten. Hierbei wird zunächst hinsichtlich der empirischen Grundlage und der Interpretationstiefe der Modellgrundlagen differenziert:

- **Einfache Steuerungsansätze mit fixierten Grenzwerten und ohne empirische Grundlage:** Hier sollen Modelle zusammengefasst werden, bei denen, auf der Basis fixierter Grenzwerte, lediglich von außen steuernd in die Simulation eingegriffen wird, ohne dass eine Wechselwirkung zwischen Nutzerverhalten und Gebäudebedingungen berücksichtigt wird. Diese Modelle basieren nicht auf empirischen Daten.
- **Stochastische Verfahren auf der Basis statistischer Analysen empirischer Daten, mit Interpretationsansätzen für isolierte kausale Zusammenhänge, jedoch ohne konzeptuellen Unterbau:** In diesem Abschnitt sollen - repräsentativ - Arbeiten zusammengefasst werden, die auf der statistischen Auswertung von Beobachtungsdaten beruhen, welche dann zu stochastischen Modellen weiterentwickelt wurden. Im Rahmen der Modellbildung werden einzelne Interpretationsansätze für die beobachteten Zusammenhänge angegeben, jedoch auf die Bildung eines umfassenderen Konzeptunterbaus verzichtet.
- **Stochastische Verfahren auf der Basis statistischer Analysen empirischer Daten, mit Interpretationsansätzen für kausale Zusammenhänge einschließlich Entwicklung eines konzeptuellen Unterbaus:** Auch diese Modelle basieren auf der statistischen Auswertung von Beobachtungsdaten. Im Vergleich zur vorhergehenden Kategorie bieten sie jedoch darauf basierend nicht nur einzelne inhaltliche Deutungen für die beobachteten Schwankungen an, sondern integrieren diese Beobachtungen (ansatzweise) zu einem konzeptuellen Unterbau.

Da sich die meisten Modelle auf die Betrachtung isolierter Themen beschränken, erfolgt innerhalb dieser Struktur eine Substrukturierung hinsichtlich dieser Themenschwerpunkte (z.B. Sonnenschutz- oder Fensternutzung, usw.).

2.2 Einfache Steuerungsansätze mit fixierten Grenzwerten und ohne empirische Grundlage

Die [Norm DIN 4108-2 2011] regelt unter anderem den sommerlichen Wärmeschutz von Gebäuden. Für „die Nachweisführung unter Verwendung dynamischer Simulationsrechnungen“ schreibt sie die Verwendung eines Katalogs an Randbedingungen vor. Teile davon nehmen Bezug auf das Verhalten des Nutzers, indem sie Grenzwerte vorschreiben, die letztlich jedoch Gegenstand der Entscheidungen des Nutzers unter seinen spezifischen Bedingungen sind. So schreibt sie z.B. eine Berücksichtigung einer winterlichen Soll-Heiztemperatur von 21 °C für Nichtwohngebäude vor, bei einer Überschreitung von 23 °C Raumtemperatur darf der Raumluftwechsel unter bestimmten Bedingungen auf 3 h⁻¹ und außerhalb der Anwesenheitszeiten auf 2 h⁻¹ erhöht werden oder

der Sonnenschutz soll dann als geschlossen berücksichtigt werden, wenn die Einstrahlung auf nordorientierten Fassaden einen Wert von 200 W/m^2 überschreitet.

Auch andere Steuerungsansätze sehen die Nutzung des Sonnenschutzes vor, sobald die Solarintensität auf der Außenseite des Gebäudes einen bestimmten Grenzwert überschreitet (z.B. verwendet [Newsham 1994] einen Fixwert von 233 W/m^2). Der sogenannte „Klimaerlass“ ([Richtlinie Klima 2008]), herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, fordert für die Simulation im Rahmen der Planung von Bundesbaumaßnahmen oberhalb einer bestimmten Bausumme ebenfalls die Annahme vereinfachter Regelansätze: Dabei werden die Fenster im Sommer geöffnet, falls die Außentemperaturen geringer als die Innenraumtemperaturen sind und der Sonnenschutz wird bei einer Einstrahlung auf die Fassade von mehr als 200 W/m^2 geschlossen.

Alle diese einfachen Steuerungsansätze mit fixierten Werten positionieren den Nutzer und seine Bedürfnisse inhaltlich außerhalb der Simulationsgrenzen. Sie gehen somit von einem zeitlich unveränderlichen, kontextunabhängigen Verhalten aus, das vor Beginn der Simulation parametrisiert wird. Dies entspricht zum einen nicht dem Wesen einer dynamischen Simulation und wird zum anderen auch nicht dem transaktionalen Charakter des Zusammenwirkens von Nutzer und Gebäude gerecht.

2.3 Stochastische Verfahren auf der Basis statistischer Analysen empirischer Daten, mit Interpretationsansätzen für isolierte kausale Zusammenhänge, jedoch ohne konzeptuellen Unterbau

Nachfolgend sind einige Arbeiten zum Nutzerverhalten aufgeführt, die seit ca. Mitte der 1990er vermehrt durchgeführt wurden. Die Aufzählung stellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, viel mehr soll an Beispielen die Methodik und die Zielrichtung der verschiedenen Arbeiten veranschaulicht und kritisch beleuchtet werden. Auch handelt es sich nicht bei allen Arbeiten um ausgearbeitete Modelle, sondern z.T. um bloße Analysen, die jedoch ebenfalls die Zielrichtung und generelle Betrachtungsweise illustrieren. Soweit möglich, ist diese Aufzählung ebenfalls mit Blick auf den Themenfokus geordnet.

2.3.1 Arbeiten ohne spezifischen Themenschwerpunkt

In einer Reihe Veröffentlichungen haben Autoren der TU Wien Ergebnisse zu mehrmonatigen Studien von Bürogebäuden in und um Wien präsentiert ([Mahdavi et al. 2007], [Mahdavi & Pröglhöf 2008], [Mahdavi 2009], [Mahdavi & Pröglhöf 2009]). Dabei handelte es sich im Wesentlichen um Einzelbüros und doppelt belegte Büroräume unterschiedlicher Büronutzung (z.B. Universitätsgebäude oder ein Bürogebäude für internationale Organisationen). Die Fassaden der untersuchten Räume umfassten alle Himmelsrichtungen und waren mit einem außenliegenden und/oder einem innenliegenden Sonnenschutz ausgestattet. Dieser wurde entweder manuell oder motorisch betrieben und z.T. automatisch gesteuert. Zusätzlich existierte in den Räumen eine künstliche Deckenbeleuchtung. Teilweise wurden die Räume gekühlt, teilweise wurden sie im Mixmode betrieben oder waren frei belüftet. Es wurden Anwesenheitszeiten, Schaltzeiten für das Kunstlicht, Sonnenschutznutzung und Fensteröffnungsanteile aufgezeichnet und mit lokalen meteorologischen Daten wie Temperatur, relative Luftfeuchte, Beleuchtungsstärke, Solarstrahlung auf verschiedenen Fassaden, Windgeschwindigkeit und -richtung aber auch mit Tages- und Jahreszeit korreliert.

Aus der Wahl der unabhängigen Variablen geht hervor, dass zumindest implizit ein dominanter Zusammenhang zwischen den Handlungen des Nutzers einerseits und dem Zeitpunkt und den vorliegenden Umgebungsbedingungen angenommen wird. Die statistischen Auswertungen zeigen jedoch nach Angaben der Autoren, dass eindeutige, unmittelbar umsetzbare Regelstrategien aus den Ergebnissen nicht ableitbar bzw. nicht zwischen den beobachteten Gebäuden übertragbar sind. So ist z.B. das Anschalten des Kunstlichts nicht eindeutig von der vorliegenden Helligkeit im Raum abhängig. Auch kann nicht für jedes Gebäude eine klare Abhängigkeit der Sonnenschutznutzung von der Jahreszeit oder der auftreffenden Solarstrahlung auf der Fassade festgestellt werden. Daher sehen sie die Notwendigkeit, weitere Parameter wie die Gebäudefunktion, -größe, -hülle, die Art der haustechnischen Systeme und den klimatischen und kulturellen Kontext zu berücksichtigen. Dabei entsteht

außerdem die Frage nach der Definition besonderer „Nutzertypen“. Der potenzielle Einfluss dieser Parameter wird jedoch nicht belegt und auch nicht quantifiziert.

2.3.2 Arbeiten mit Bezug auf die Nutzeranwesenheit

Die Grundlage für das manuelle Eingreifen des Nutzers in das Gebäude ist seine Anwesenheit. Die Kenntnis der Ankunftszeiten, der über den Tag verteilten An- und Abwesenheitszeiten und der Verlassenszeiten ist daher die Voraussetzung für die Modellierung des Nutzerverhaltens. Hierzu wurden verschiedene Modelle entwickelt, welche die beobachtete An- und Abwesenheit in einem realen Gebäude statistisch aufbereiten, in Wahrscheinlichkeiten umrechnen und auf dieser Basis ein zeitabhängiges, stochastisches Modell entwickeln (z.B. [Newsham et al. 1995] oder [Wang et al. 2005]).

[Page et al. 2008] haben ein Modell präsentiert, das im Wesentlichen auf Markow-Ketten basiert und von der Grundannahme ausgeht, dass die Anwesenheitswahrscheinlichkeit während eines bestimmten Zeitschritts ausschließlich von der Anwesenheit des vorhergehenden Zeitschritts abhängt. Um eine bessere Passung zwischen Modell und Beobachtung zu erlangen, werden zusätzlich längere Abwesenheitszeiten zufällig in die An- bzw. Abwesenheitssequenz eingestreut. Das Modell beruht auf einer gut vierjährigen Beobachtungsperiode von fünf Einzelbüroräumen des LESO-BP Gebäudes der EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne). Es lässt sich parametrieren, um unterschiedlich mobile Typnutzer darzustellen und die Autoren beanspruchen daher eine generelle Anwendbarkeit des Modells auf alle Gebäudearten.

Dieser Anspruch kann nicht erfüllt werden, was einleuchtet, wenn bedacht wird, dass sich Gebäude hinsichtlich ihrer Nutzungsziele und damit hinsichtlich ihrer Nutzerstrukturen stark unterscheiden. Mit unterschiedlichen Nutzerstrukturen unterscheidet sich auch der Grad der Determiniertheit der Nutzerpräsenz. So ist es sicherlich legitim, die Anwesenheit in Büroumgebungen – unter Berücksichtigung bestimmter Kernarbeitszeiten – im Rahmen einer Gebäudeplanung weitestgehend stochastisch zu fassen, da die Parameter, die zu den beobachteten Fluktuationen führen, im Vorhinein nicht bekannt sind. Die Anwesenheit z.B. in Schulräumen ist jedoch weit weniger zufällig, sondern folgt zu einem großen Anteil definierten Vorgaben. Während der Unterrichtszeiten ein stochastisches Modell zur Bestimmung der Anwesenheit der Nutzer anzuwenden, führt mit großer Sicherheit zu einer Fehleinschätzung. Dies trifft insbesondere unter der Annahme zu, dass der momentane Zustand der Anwesenheit ausschließlich von der Größe „vorhergehender Zustand“ abhängt. Es ist außerdem plausibel, anzunehmen, dass die Übergangswahrscheinlichkeiten der Markow-Kette von der betrachteten Zeitschrittlänge abhängen.

2.3.3 Arbeiten mit Bezug auf die Nutzung des Sonnenschutzes

Unterschiedliche Autoren haben auf der Basis von Beobachtungen (Teil-) Modelle für die Verwendung von Sonnenschutzvorrichtungen entwickelt. Bereits oben erwähnte [Foster & Oreszczyn 2001] korrelieren den Verschlussgrad von Sonnenschutzvorrichtungen mit einem „Sonnenscheinindex“ (als semi-quantitative Klassifizierung der Solarintensität) und der Fassadenausrichtung von drei Stahlbetonbürogebäuden in London. Die Ergebnisse sind nicht konsistent, z.B. tritt in manchen Fällen ein höherer Verschlussgrad auf der sonnenabgewandten Seite auf oder es sinkt der Verschlussgrad bei ansteigender Besonnung. Dies macht deutlich, dass kein einfacher Zusammenhang zwischen Solarintensität und Sonnenschutzverwendung besteht. Offenbar existieren zusätzliche Bestimmungsparameter für die Nutzung. Die Autoren erwähnen als mögliche Erklärung das Bedürfnis nach Privatsphäre, spezifische, aufgabenabhängige Qualitätsniveaus, Bedienbarkeit der Elemente oder die Effekte sozialer Interaktion in Großraumbüros. Auch hier wird demzufolge auf kontextuelle Effekte verwiesen, die über die physikalisch-physiologischen Aspekte hinausgehen. Leider wird jedoch nicht ausdrücklich auf die Qualität der Fenster, d.h. deren Größe und Verglasungsart, eingegangen. Zusätzlich wird nicht die Solarstrahlung auf der Vertikalen, sondern auf der Horizontalen gemessen. Dies kann zu einer Verschleierung der Ergebnisse führen, da der tageszeitliche Verlauf der horizontalen Strahlungsintensität nicht mit dem tageszeitlichen Verlauf der vertikalen Strahlungsintensität auf den Fassaden übereinstimmt.

Aus den bereits oben angesprochenen Untersuchungen durch Mahdavi wurde eine vergleichbare Studie zum Nutzungsgrad von Sonnenschutzvorrichtungen extrahiert und in ein vereinfachtes mathematisches Modell gefasst ([Mahdavi & Pröglhöf 2010]). Die Eingangsdaten für dieses Modell basieren im Wesentlichen auf der Ausrichtung der betrachteten Fassade und der aktuell dort vorliegenden Globalstrahlung. Zwar bezeichnen die Autoren den Korrelationsgrad zwischen Messung und Prognose auf der globalen - d.h. nicht-individuellen Ebene - als befriedigend, jedoch betonen sie ebenfalls, dass sich die Modellparameter nicht ohne Weiteres von einem Gebäude auf das nächste übertragen lassen. Hierbei müssten Anpassungen auf der Basis der Unterschiede der Gebäudefunktion, -größe, -orientierung, -hüllfläche, -haustechnik und dem Gesamtkontext (physisch, klimatisch, kulturell) stattfinden.

[Haldi & Robinson 2009b] haben über insgesamt ca. fünf Jahre die Nutzung von außenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen in einem Bürogebäude (ebenfalls das LESO-BP Gebäude in Lausanne, insgesamt sechs Zweipersonenbüros und acht Einzelbüros) beobachtet und mit einer Reihe unterschiedlicher Daten korreliert (Temperatur, Beleuchtungsstärke, Solarstrahlung, Sonnenstand, Kunstlichtzustand, Sonnenschutzposition). In allen Fällen waren die Sonnenschutzvorrichtungen durch Schalter bedienbar, wobei die Position der Schalter nicht beschrieben wurde. Auf dieser Basis haben sie ein statistisch auf diskreten Markow-Ketten basierendes Modell entwickelt, das zwischen Ereignissen bei der Ankunft, während des Aufenthalts und dem Verlassen des Büros differenziert.

Zurecht erwähnen die Autoren, dass ihr Modell auf Büroumgebungen mit außenliegendem Sonnenschutz beschränkt ist und sich der Umgang mit innenliegendem Sonnenschutz, Vorhängen o.ä. anders darstellen könnte. Auch vermuten sie, dass die Art der Bedienung des Sonnenschutzes (hier über einen Schalter) Einfluss auf die Art der Nutzung nimmt. Sie validieren ihr Modell jedoch nicht anhand von unabhängigen Daten, sondern simulieren exakt die betrachtete Situation mithilfe des aus den Messdaten entwickelten Handlungsmodells. Belastbare Informationen über die allgemeine Validität des Algorithmus' sind daraus nicht ableitbar.

Auch [Inkarojrit 2006] hat ein statistisch hergeleitetes Modell zur Vorhersage des Verschließens des Sonnenschutzes auf der Basis von Leuchtdichtemessungen in einer Büroumgebung entwickelt. Seine Methodik basierte jedoch nicht ausschließlich auf dem passiven Beobachten von Handeln (25 Teilnehmer). Stattdessen protokollierte er zusätzlich durch Befragung die Beweggründe, die zum Verschließen des Sonnenschutzes führten (113 Teilnehmer in Büroräumen mit Computermonitoren und Fassaden unterschiedlicher Ausrichtung). Nach Erkenntnissen der Studie spielen weniger thermische Bedingungen oder das Bedürfnis nach Privatheit eine Rolle, sondern vornehmlich visuelle Aspekte wie die Reduktion von Blendung oder die Regulation der Helligkeit.

Dieser Schluss kann jedoch nicht unbedingt auf der Basis der gesammelten Daten gezogen werden, da nicht alle relevanten Bedingungen exakt kontrolliert wurden. Das Bedürfnis nach Privatheit kann nur dann eine Rolle spielen, wenn die Privatheit einerseits beeinträchtigt ist und andererseits durch Verwendung des Sonnenschutzes wieder hergestellt werden kann. Auch thermische Bedingungen können nur dann eine Rolle spielen, wenn die Bedingungen entsprechend sind. Da die Untersuchungen in klimatisierten Gebäuden durchgeführt wurden, ist jedoch davon auszugehen, dass die thermischen Bedingungen gemäßigt, zumindest nicht repräsentativ waren. Zusätzlich wird in der Studie darauf hingewiesen, dass andere Studien zu anderen Grenzwerten gekommen sind, da die Teilnehmer an ihren Arbeitsplätzen anstelle von Röhrenbildschirmen (mit der Tendenz zu starker Überblendung) LCD-Bildschirme verwendet haben. Dieser Einwand verweist auf eine alternative Deutung der Innenraum-Umgebungsbedingungen im Vergleich zu der häufig üblichen Deutung als „Behaglichkeitsbedingungen“. Die Bewertung dieser Bedingungen kann eben auch von der Tätigkeit abhängig sein, wobei die Bedingungen unterstützend (z.B. Licht fürs Lesen) oder störend sein können (z.B. Blendung durch zu viel Licht). Der „Supportcharakter“ der Innenraum-Umgebungsbedingungen und dessen Wahrnehmung wären somit tätigkeitsspezifisch. Daraus folgt die Konsequenz, dass die Innenraum-Umgebungsbedingungen ausschließlich im Kontext der gerade durchgeführten Tätigkeit des Individuums bewertbar wären.

[Sutter et al. 2006] haben die Nutzung von Verschattungssystemen an Bildschirmarbeitsplätzen untersucht. Dabei haben sie kein statistisches Modell entwickelt, sondern unterschiedliche, im Zusammenhang dieser Arbeit

interessante Hypothesen untersucht. Die Ergebnisse sind nachfolgend kurz zusammengefasst. Ihren Untersuchungen zufolge:

- stellen Nutzer den Sonnenschutz derart ein, dass die Überblendungen, die auf dem Bildschirm auftreten, nicht zu einer Beeinträchtigung des Arbeitsablaufs führen. Dabei hängt die Quantität der tolerierten Leuchtdichte der Überblendungen von der Leuchtdichtequalität des Bildschirms positiv ab,
- sind Nutzer toleranter gegenüber Leuchtdichteverhältnissen im Sichtfeld als üblicherweise angenommen,
- sind Nutzer (bis zu dreimal) häufiger bereit, den Sonnenschutz anzupassen, wenn sie ihn nicht manuell, sondern über eine Fernbedienung bedienen können (die Autoren merken jedoch an, dass in ihrer Studie für beide Gruppen auch andere Typen von Sonnenschutz verwendet wurden (Lamellensonnenschutz vs. Stoffbehang), sodass das Ergebnis nicht eindeutig auf die Art der Bedienung zurückzuführen ist),
- ziehen Nutzer den (Lamellen-) Sonnenschutz mehrheitlich entweder ganz hoch oder ganz runter, Anpassungen finden weitestgehend über das Drehen der Lamellen statt,
- hängt die Nutzung des Sonnenschutzes von der vertikalen Beleuchtungsstärke auf der Außenseite des Fensters ab,
- stellen Nutzer den Sonnenschutz so ein, dass eine bestimmte Leuchtdichte der Sonnenschutzfläche nicht überschritten wird, im Falle der Untersuchung wurden 1800 cd/m^2 nicht häufiger als 25 % der Zeit überschritten,
- besteht zwischen den Bedingungen, unter denen entgegengesetzte Eingriffe (Öffnen - Schließen) vorgenommen werden, ein breites Hystereseband. So akzeptieren in der Untersuchung ca. 75 % eine Fensterleuchtdichte bei geschlossenem Sonnenschutz, die geringer als 1000 cd/m^2 ist, bevor sie den Sonnenschutz öffnen. Gleichzeitig akzeptieren ca. 75 % der Nutzer jedoch auch Leuchtdichten von 2000 cd/m^2 und weit mehr, bevor sie den Sonnenschutz schließen,
- sind die Grenzwerte der Beleuchtungsstärke für das Herablassen des Sonnenschutzes bei einer Raumtemperatur $> 26 \text{ }^\circ\text{C}$ geringer als bei einer Temperatur $< 26 \text{ }^\circ\text{C}$ (der Sonnenschutz ist bei Temperaturen unterhalb von $26 \text{ }^\circ\text{C}$ ca. 15 bis 30 % häufiger geöffnet ist als bei Temperaturen oberhalb von $26 \text{ }^\circ\text{C}$).

Diese Ergebnisse sind spezifisch für die untersuchte, konkrete Büroumgebung, dennoch kann vermutet werden, dass sich die Grundaussagen der Ergebnisse zu einem großen Teil verallgemeinern lassen. Jedoch bieten die Autoren leider keine Kausalhypothesen, sondern lediglich Beobachtungsergebnisse an. Insbesondere für die Temperaturabhängigkeit der Sonnenschutzbewegungen liegt eine Abhängigkeit vom thermischen Empfinden nahe, was jedoch von den Autoren nicht ausführlich diskutiert wird. Auch die aufgezeigte Hysterese kann sicherlich in Zusammenhang mit der Art der Bedienung (manuell vs. ferngesteuert) des Sonnenschutzes gebracht werden. Schließlich grenzt der Bezug auf die äußere Beleuchtungsstärke unzulässigerweise den Effekt der Glasqualität aus.

2.3.4 Arbeiten mit Bezug auf die Nutzung des Kunstlichtes

Hunt ([Hunt 1979], [Hunt 1980]) hat die Nutzung künstlicher Deckenbeleuchtung - konkret die Bedingungen, unter denen die Deckenbeleuchtung ein- bzw. ausgeschaltet wird - sowohl in Schulklassen als auch in Großraumbüros untersucht. Die von ihm durchgeführte Studie zeigt, dass ein Nutzereingriff im Wesentlichen zu Beginn (in Abhängigkeit der minimalen Beleuchtungsstärke im Raum) und am Ende von Belegungszeiten stattfindet. Während in den Schulklassen Schaltungen über den ganzen Tag verteilt und offensichtlich im Rhythmus der Belegungswechsel stattfanden, blieb der Zustand in den Büroräumen - mit durchgehender Belegung - über den gesamten Tag weitestgehend unverändert. Dies galt insbesondere für das *Abschalten* der künstlichen Beleuchtung, das offenbar aus Gründen der mangelnden Wahrnehmbarkeit nicht unbedingt stattfand, sobald das Tageslicht ausreichend war, sondern erst beim Verlassen des Raums. Für beide Raumarten stellte er jedoch übereinstimmende Wahrscheinlichkeiten für das *Anschalten* der Beleuchtung in Abhängigkeit der Beleuchtungs-

stärke auf der Arbeitsfläche fest. Dieses fand dann auch während der Belegungszeiten statt für den Fall, dass die Tageslichtbedingungen nicht mehr ausreichend waren.

Hunt bietet, über das Phänomen mangelnder Wahrnehmbarkeit des Kunstlichtes hinaus, einige zusätzliche Hypothesen als Erläuterung für die Feststellung an, dass zwar relativ konsistent an - jedoch selten abgeschaltet wird. Für die hier vorliegende Arbeit sind zwei Hypothesen offenbar von größerer Bedeutung: Zum einen bedeutet es Aufwand, den Lichtschalter zu erreichen und zu betätigen, für den der Arbeitsfluss (die eigentliche Haupttätigkeit) unterbrochen werden muss (zumal ohne Gewinn, es sei denn, Energie sparen wird persönlich oder institutionell als Gewinn betrachtet). Zum anderen beeinflusst das Betätigen des Lichtschalters nicht nur die lokalen Bedingungen des Handelnden, sondern ebenso diejenigen der anderen anwesenden Personen. Die Bereitschaft einzugreifen ist damit reduziert, das Verhalten zurückhaltender.

Unter diesem Blickwinkel wäre es plausibel, dass ein abweichendes Verhalten in einem Einzelbüro bzw. in einem Großraumbüro mit lokaler Beleuchtung anstelle von Deckenleuchten zu beobachten wäre, da in diesen Fällen die Einflussnahme auf die unmittelbaren Nachbarn und somit deren Fremdbestimmung verhindert würde.

Am Beispiel des (im Moment noch hypothetischen) Unterschiedes zwischen Großraum- und Einzelbüro und zwischen Büro und Schulklasse zeigen sich interessante Aspekte, die im Zuge dieser Arbeit weiter ausgearbeitet werden sollen: Jenseits des individuellen Bedürfnisses nach behaglichen (oder unterstützenden) Bedingungen werden Eingriffshandlungen durch überindividuelle Aspekte wie die soziale und die funktionale Struktur des Handlungsortes mitbestimmt. Durch diese Betrachtung erhält der Begriff „Kontext“ eine breitere Bedeutung.

Die Untersuchungen von [Love 1998] bestätigen für Einzelbüroräume den generellen Mechanismus, der in der Untersuchung von Hunt für das Einschalten des Kunstlichts aufgrund der vorliegenden Helligkeitsverhältnisse festgestellt wurde (Ähnlichkeit der Wahrscheinlichkeitsverteilung als Funktion der Helligkeit). Love stellt jedoch auch fest, dass erhebliche interindividuelle Unterschiede im Interaktionsverhalten vorliegen. Für einen Teil seiner zweiteiligen Untersuchung lassen sich diese Unterschiede durch plausible Hypothesen begründen (z.B. positive Korrelation von Alter und mindestens erforderliches Helligkeitsniveau), für einen anderen Teil werden jedoch keine Hypothesen für die stark individuell geprägten Unterschiede aufgestellt.

[Moore et al. 2002] und [Moore et al. 2003] kommen im Rahmen ihrer Studien zur Nutzung von Kunstlicht in Großraumbüros zu vergleichbaren Ergebnissen wie Hunt. Sie untersuchten Großraumbüroumgebungen mit installierter Deckenbeleuchtung. Die einzelnen Kontrollgruppen der Untersuchung unterschieden sich durch die Art des Zugriffs auf die Beleuchtung (z.B. manuelle Schalter, Infrarotfernbedienungen, Telefon), das Maß der Automatisierung (automatisches Ein- und/oder Ausschalten zu Beginn/ Ende der Arbeitszeit oder vollständig manuelle Bedienung), die Regulierbarkeit der Lampenleistung und die Art des Verschattungssystems.

Einmal eingeschaltet blieb die Beleuchtung üblicherweise angeschaltet, unabhängig davon, ob sich die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz im Folgenden hin zu einem akzeptablen Level entwickelte oder nicht. Einen möglichen Grund hierfür sehen die Autoren in der Tatsache, dass die untersuchten Kunstlichtsysteme nicht Individuen, sondern Gruppen zugeordnet waren und ein und dieselbe Leuchte nicht nur einen, sondern mehrere Arbeitsplätze versorgte. Daraus folgt zum einen, dass unterschiedliche, individuelle Präferenzen und das daraus entstehende individuelle Verhalten durch anderes Verhalten überdeckt und maskiert werden kann. Andererseits führen die Autoren ins Feld, dass Nutzer u.U. in jenen Situationen zurückhaltender mit einem Kontrolleingriff umgehen (Licht ein- oder ausschalten), in denen mehrere Nutzer von der Veränderung betroffen sind (z.B. allgemeine Deckenbeleuchtung in Großraumbüros). Tatsächlich ist dieser Effekt, der Untersuchung der Autoren zufolge, nur anzutreffen, sofern ein automatisches System die Beleuchtung zu Tagesbeginn automatisch einschaltet. Jedoch finden sich diese Befunde in ihren Untersuchungen auch unter umgekehrten Vorzeichen. D.h., dass Nutzer trotz abnehmender Versorgung mit Tageslicht nicht unmittelbar das Kunstlicht zuschalten.

Zu ihren Erkenntnissen zählt im weiteren, dass das jeweils gewählte Beleuchtungsniveau auf der Arbeitsebene (durch Dimmen festlegbar) starken interindividuellen Schwankungen unterliegt und dabei zu einem großen Teil unterhalb der durch internationale Normfestlegungen empfohlenen Mindestwerte liegt. Eine unmittelbare und

dominante Abhängigkeit von der Tageslichtversorgung (gemessen als externe Beleuchtungsstärke) war daher in der Untersuchung der Autoren nicht feststellbar. Sie betonen, dass diese Erkenntnis nicht automatisch bedeutet, dass diese Abhängigkeit nicht existiert, sondern lediglich, dass eine große Anzahl zusätzlicher Faktoren, wie die Systemkonfiguration, die Verwendbarkeit des Systems durch den Nutzer und zahlreiche, zum Arbeitstag zählende Aspekte diese Abhängigkeit maskieren. Konkret zählen hierzu beispielsweise das Alter (positive Korrelation mit der gemessenen Beleuchtungsstärke), die Art der Arbeitsaufgabe (negative Korrelation mit dem Anteil der Arbeitszeit, der an einem Bildschirm verbracht wird) und auch die Erreichbarkeit der Kontrolleinheiten (Lichtschalter und -dimmer, positive Korrelation des Energieverbrauchs für Kunstlicht mit der Distanz zum Arbeitsplatz).

Lightswitch ([Newsham et al. 1995]) und Lightswitch 2002 ([Reinhart 2004]) sind beides stochastische Modelle, die das Belichtungsverhalten von Büronutzern abbilden. Inhaltlich stellt Lightswitch 2002 eine Weiterentwicklung von Lightswitch dar. Beide Verfahren beruhen auf der statistischen Verarbeitung bereits beobachteten Verhaltens, wobei Lightswitch 2002 zusätzlich das verwandte Nutzverhalten von Sonnenschutzbehängen erfasst. Eine höhere Prognosedifferenzierung erlangt Lightswitch 2002, indem es zwischen unterschiedlichen „Nutzertypen“ differenziert. Als eine Art statistischer Rand werden dabei Extremtypen definiert, z.B. „Typ A: Kunstlicht wird in strenger Abhängigkeit von der Tageslichtsituation genutzt“ vs. „Typ B: Kunstlicht bleibt unabhängig von der Tageslichtsituation angeschaltet, sobald es einmal benutzt wurde“. Die Definition dieser Extremtypen basiert dabei auf Untersuchungen und Feststellungen anderer Autoren und stimmt beispielsweise mit den in [Love 1998] dargestellten Ergebnissen überein. Die Simulationsdurchläufe eines Gebäudes zur Prognose des Kunstlichtverbrauchs erfolgen dann in der Systematik von Lightswitch 2002 jeweils unter der Annahme eines Nutzergrundtyps. Ein Gesamtergebnis wird anschließend erzielt, indem Annahmen hinsichtlich der Häufigkeitsverteilung der Nutzergrundtypen in einem Gebäude getroffen und die Ergebnisse anteilig addiert werden.

Das Modell berücksichtigt also interindividuelle Differenzen, indem es eine bestimmte (zu definierende) Prädisposition einbezieht und die daraus entstehenden Handlungsunterschiede nicht einfach stochastisch fasst. Allerdings liefert das Modell keine Erklärungen für diese unterschiedlichen Verhaltensmuster. Die Annahmen hinsichtlich der Anteile der jeweiligen Nutzergrundtypen an der Gesamtpopulation eines Gebäudes können daher auch nicht begründet werden. Darüber hinaus sind Erkenntnisse über die Gründe, die zu einem typischen Verhalten führen, notwendig, wenn das Ziel nicht ausschließlich daraus besteht, Verhalten statistisch zu prognostizieren, sondern darin, Verhalten positiv - im Sinne eines verringerten Energieaufwandes - zu beeinflussen.

2.3.5 Arbeiten mit Bezug auf die Nutzung der Fensterlüftung

[Herke et al. 2005] und [Pfafferott & Herke 2007] haben auf der Basis von Beobachtungen von Ein- bis Dreipersonenbüroräumen eines mehrgeschossigen Bürogebäudes in Freiburg ein Modell für die Nutzerinteraktion mit Fenstern in Kombination mit einem Modell für die Nutzeranwesenheit entwickelt. Pro Achse von 1,25 m standen den Nutzern zwei vertikal angeordnete Fenster unterschiedlicher Größe als Dreh-Kipp-Flügel (großes, unteres Fenster) oder Kippoberlicht (kleines, oberes Fenster) zur Verfügung. Unabhängige Variablen stellten in ihrer Untersuchung die Außentemperaturen, die Jahreszeit und die Tageszeit dar. Nach eigenen Angaben betrachteten sie den Einfluss von Innenraumtemperatur, solarer Einstrahlung und Windgeschwindigkeit nicht, ebenso wenig analysierten sie die Raumluftqualität als potenziellen Parameter. Aus dieser Untersuchung resultierten Wahrscheinlichkeiten für die Anwesenheit (in Abhängigkeit der Tageszeit) und für die Öffnung des Fensters (in Abhängigkeit der Außentemperatur). Dabei kann die Bedienung der Fenster nur dann erfolgen, wenn eine Anwesenheit gegeben ist. Aus den Messdaten geht insbesondere hervor, dass Eingriffe des Nutzers (Fenster öffnen/ schließen) mit großer Häufigkeit bei Betreten (morgens, nach dem Mittagessen) bzw. dem Verlassen (Ende der Arbeitszeit) des Raums erfolgen.

Zusätzlich beobachteten die Autoren auch die Varianz der Wärmegewinne der insgesamt 16 Büroräume (innere Lasten, solare Gewinne, Personen), führten dafür eine statistische Analyse durch und generierten daraus

stündliche Zeitserien. Diese Zeitserien wurden anschließend mit dem Modell für die Anwesenheit und das Fensteröffnungsverhalten zu einem stochastischen Gesamtmodell zusammengeführt. Durch die Anwendung des Monte-Carlo-Verfahrens ließen sich mithilfe der Gebäudesimulation die gemessenen, über alle beobachteten Räume gemittelten Innenraumtemperaturen für einen Zeitausschnitt gut nachbilden. Als unabhängige Variablen gingen dabei offenbar lediglich die Außentemperatur und die Tageszeit ein.

Eine Verknüpfung zwischen Außenlufttemperatur und Fensteröffnungsverhalten ist plausibel, jedoch entkoppelt diese Betrachtung das Nutzerverhalten von den Raumparametern und somit von einer Reihe von Planungsentscheidungen. Wenn Nutzerverhalten ausschließlich von außenklimatischen Bedingungen abhinge, dann würden Eigenschaften des Raumes, die das Innenraumklima beeinflussen (z.B. die thermische Masse der Konstruktion), keine Auswirkung auf das Nutzerverhalten haben. Darüber hinaus ist zu vermuten, dass Fragen der Innenraumluftqualität und des Außenlärmpegels das Fensterbedienverhalten ebenfalls beeinflussen. Diese Effekte betrachtet das Modell jedoch nicht, worunter die Generalisierbarkeit leidet. Darüber hinaus ist sicherlich zu erwarten, dass die Bedienung des Fensters und die Bedienung des Sonnenschutzes keine unabhängigen Ereignisse darstellen, eine Entkopplung ist daher nicht zweckmäßig. Schließlich muss noch infrage gestellt werden, warum die Wärmegewinne, die durch die Anwesenheit der Personen entstehen, bei dem Vorhandensein eines Anwesenheitsmodells in ein entkoppeltes stochastisches Modell ausgelagert werden.

Auch [Haldi & Robinson 2009a] haben - wie andere auf der Basis von Beobachtungen des zweigeschossigen Bürogebäudes LESO-BP in Lausanne - ein Modell für die Nutzung von Fenstern entwickelt. Dieses Modell differenziert zwischen Submodellen, die jeweils für die Ankunft, die Zeit während des Aufenthalts und für das Verlassen des Büroraums gültig sind. Untersucht wurden verschiedene statistische Verfahren, um letztlich, auf der Basis der „genauesten“ statistischen Passung zwischen Modell und Messdaten, die Verwendung einer Kombination diskreter Markow-Ketten und Ereigniszeitfunktionen zu empfehlen. Als unabhängige Variablen untersuchten sie verschiedene meteorologische Größen (Außentemperatur und mittleres Tagesmittel der Außentemperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung, relative Luftfeuchte, Niederschlag) und die Innenraum-Lufttemperatur. Gleichzeitig wurde die Vorhersagekraft situationsbedingter Größen wie „Dauer der bisherigen Anwesenheit“, „Dauer der vorhergehenden Abwesenheit“, „Dauer der nachfolgenden Abwesenheit“ und das Geschoss des infrage stehenden Büroraums untersucht.

Als wesentliche Bestimmungsgrößen für das Öffnen von Fenstern während der Anwesenheit (und für die Länge der Verschlusszeit) erwies sich nach ihrer Untersuchung die Innenraum-Lufttemperatur (gefolgt von Außentemperatur, Dauer der Anwesenheit und Niederschlag) und für das Schließen der Fenster (und die Länge der Öffnungszeit) die Außenlufttemperatur (gefolgt von der Innenraum-Lufttemperatur). Beim Verlassen des Raums waren die bestimmenden Größen die mittlere Tagestemperatur, die darauffolgende Abwesenheitsdauer und das Geschoss.

Einen weiteren bemerkenswerten Effekt beobachteten die Autoren in Bezug auf den Fensteröffnungsgrad bei ansteigenden Innen- und Außentemperaturen (bezogen auf die Gesamtanzahl der Fenster der Fassade). Bis ca. 28 °C Innenraum-Lufttemperatur (ungefähr 26 °C Außentemperatur) stieg der Öffnungsgrad der Fenster im Mittel aller Beobachtungen auf ca. 70-80 % an, um dann mit weiter ansteigender Innenraum-Lufttemperatur wieder zu fallen. Offensichtlich war dies jedoch kein genereller Trend, stattdessen gab es einige Individuen, die ab dieser Grenztemperatur die Fenster weiter öffneten und andere, die begannen, die Fenster wieder zu schließen. Möglicherweise, so die Autoren, verfolgten also einige Individuen die Strategie, bei Außentemperaturen, die höher liegen als die Innenraum-Lufttemperatur, weitere Kühllasten durch Schließen der Fenster und damit antizipierte Unbehaglichkeitszustände zu verhindern.

Die Abhängigkeit des Öffnens und Schließens der Fenster von der Außentemperatur ist wieder der Kritik ausgesetzt, unabhängig von den Gebäudeparametern zu sein und die Autoren stellen auch die Hypothese auf, dass der Bezug zur Außentemperatur gebäudespezifisch sein muss. Insbesondere sehen sie die Größe des Fensters und den Öffnungswinkel als maßgebende Größe an.

Möglicherweise resultiert dieser statistische Zusammenhang jedoch eher aus der messtechnischen Einrichtung.

In [Haldi 2010] ist diese dargestellt und es geht daraus hervor, dass die Temperaturlogger des Innenraums in den Lichtschalter des Raums unmittelbar an der Tür integriert waren. Somit ist nicht unmittelbar die am Arbeitsplatz wirksame Temperatur gemessen worden. Es ist in diesem Zusammenhang plausibel, anzunehmen, dass bei geschlossenen Fenstern eine weitestgehend homogene Temperaturverteilung in kleinen Büroräumen vorliegt. Nahezu unabhängig von seiner Positionierung ist demnach ein Temperatursensor im Raum in der Lage, die mittlere Raumtemperatur bzw. jene Temperatur, die für die Wahrnehmung des Nutzers entscheidend ist, anzuzeigen und aufzuzeichnen. Diese Temperatur übt somit einen großen Einfluss auf die Öffnungsentscheidung des Nutzers aus. Die Homogenität der Temperaturverteilung ist jedoch beim Öffnen des Fensters in jenem Maß zerstört, indem Luft anderer Temperatur in den Raum einströmt. Da die Regelposition des Nutzers in unmittelbarer Nähe der Öffnungsflügel liegt (so auch in den untersuchten Räumen), wirkt sich in erster Linie die Temperatur der einströmenden Luft, also der Außenluft, auf das thermische Empfinden des Nutzers aus. Es existiert in diesem Fall keine repräsentative Raumlufttemperatur, die an einem repräsentativen Punkt des Raums gemessen werden könnte. Die Position des Sensors im Innenraum bestimmt, welche Temperatur gemessen wird und ob diese die durch den Nutzer wahrgenommene Temperatur widerspiegelt. Spiegelt sie diese nicht wider, dann ist die Außentemperatur der bessere Prädiktor, da der Nutzer durch seine Positionierung an der Fassade bei geöffnetem Fenster primär der Außenluft ausgesetzt ist. Dies gilt vermutlich selbst dann, wenn auch diese die tatsächlichen Bedingungen nicht vollständig korrekt darstellt. Dieser Effekt tritt jedoch in der Gebäudesimulation ebenfalls auf. Da stets Knotentemperaturen berechnet werden, liegen keine lokalen Informationen über Temperaturen im Innenraum vor. Strömt kalte Außentemperatur zu, so wird immer eine mittlere Temperatur, jedoch niemals die für den Nutzer relevante lokale Temperatur berechnet.

An die Beobachtung, dass Fenster oberhalb einer bestimmten Grenztemperatur wieder geschlossen werden, knüpfen sich mindestens zwei Fragestellungen. Die Erste betrifft Ursache und Wirkung, denn ein eindeutiger Beleg dafür, dass die Nutzer die Fenster schließen, da die Außentemperaturen über den Innenraumtemperaturen liegen, wird nicht diskutiert (zumal die Grenzaußentemperatur, bei welcher der Verschlussgrad wieder sinkt, nicht höher liegt als die Grenzzinnenraumtemperatur). Zumindest in Bezug auf die Innenraumtemperatur kann der Zusammenhang auch umgekehrt sein, d.h. die Temperaturen steigen an, da die Fenster nicht in einem ausreichenden Maß geöffnet werden. Eindeutiger wäre in diesem Zusammenhang eine Auswertung des Fensteröffnungsgrades in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen.

Darüber hinaus entspricht das Schließen der Fenster bei hohen Außentemperaturen der weitverbreiteten Einschätzung „richtigen Handelns“. Die Behaglichkeitsbedingungen im Innenraum sollen dabei durch eine strategisch richtige Handlung verbessert werden. Dem liegt die rationale Entscheidung zugrunde, Außenluft mit einer Temperatur, die höher ist als jene des Innenraums, am Eintritt in den Raum zu hindern und somit die Kühllast des Raums zu reduzieren. Allerdings ist es in diesem Zusammenhang fraglich, ob ein Individuum in der Lage ist, einen quantitativen Vergleich beider Temperaturen vorzunehmen und zu entscheiden, welche der Temperaturen die höhere ist (zumal das Individuum sich nicht an beiden Orten gleichzeitig aufhalten kann). Das thermische Empfinden ist zudem von zusätzlichen Faktoren, wie z.B. den Temperaturen der Raumbooberflächen, abhängig. Diese Tatsache erschwert die objektive Einschätzung der reinen Lufttemperatur zusätzlich. Ob das Schließen der Fenster darüber hinaus tatsächlich die strategisch günstigste Handlung ist, muss ebenfalls hinterfragt werden. Die Luftbewegung, die üblicherweise mit dem Öffnen des Fensters einhergeht, erhöht i.d.R. die Verdunstungsrate des Schweißes an der Oberfläche der Haut und kann somit ebenfalls zur Verbesserung der Behaglichkeit beitragen.

Die „optimale“ Entscheidung in einer solchen Situation ist demnach nicht pauschal identifizierbar, dennoch ist die von den Autoren angesprochene Handlungsstrategie weit verbreitet. Der daran erkennbare Zwiespalt zwischen weitverbreiteten Meinungen einerseits und aktuellen, subjektiven Empfindungen andererseits führt auf die zweite Fragestellung, nämlich jener nach dem Einfluss überindividueller, „nicht-situativ“ geprägter Handlungsvorgaben. Dies ist vermutlich eine Frage der Einbettung des Individuums in überindividuelle, soziale Strukturen und den davon abhängigen, auf das Individuum und seine Handlungen einwirkenden Einflüsse. Dieser überindividuelle Kontext muss im Rahmen der Modellbildung konzeptualisiert werden, wenn dieser Einfluss auf der individuellen Ebene ggf. prognostizier- bzw. steuerbar sein soll.

Ein grundsätzliches Problem - und dies wird durch die Autoren explizit benannt - ist die Verwendung von Markow-Ketten erster Ordnung, die per definitionem nur vom Momentanzustand abhängig und somit pfad-unabhängig sind. Die dort berechneten Übergangswahrscheinlichkeiten werden somit von der Zustandsvorgeschichte nicht beeinflusst, was Begriffe wie „Erwartung“, „Erfahrung“ und „Planung“ als Einflussgrößen für das individuelle Handeln ausschließt. Das Interaktionshandeln wird dabei weitestgehend auf eine Art „Stimulus-Response“-Mechanismus reduziert. Allerdings berücksichtigen die Autoren Aspekte wie z.B. die mittlere Tagestemperatur oder die zurückliegende und kommende Abwesenheitsdauer, indem diese Größen explizit als unabhängige Variablen Eingang in die statistische Analyse finden und somit zu „quasi-aktuellen“ Ereignissen werden. Es liegt allerdings die Vermutung nahe, dass die Berechnung dieser abstrahierten Größen für jedes Prognosesystem notwendig ist. Um jedoch Kenntnis über Abwesenheitszeiten zu erlangen, die zum Simulationszeitpunkt in der Zukunft liegen, schlagen die Autoren ein Pre-processing der Anwesenheitszeiten vor, um dann auf dieser Basis die Gesamtsimulation inklusive des vorgeschlagenen Fenster-Interaktionsmodells nachgeschaltet durchzuführen. Es ist jedoch fraglich, ob diese Entkopplung verschiedener Handlungsoptionen generell zulässig ist. Die Alltagserfahrung zeigt, dass die vorliegenden Bedingungen in einem Raum dazu motivieren können, den Raum zu verlassen und einen anderen aufzusuchen. Dies mag weniger auf Büroumgebungen zutreffen, bei denen ein von außen aufgeprägter Zwang (die Arbeitszeiten und der an die Arbeitsaufgabe gekoppelte Arbeitsplatz) den Verbleib in einem aufgabenspezifischen Raum wahrscheinlich macht. In Wohnräumen - eine von den Autoren zurecht als wichtig eingestufte „Gebäudekategorie“ - bestehen jedoch weniger äußerliche Zwänge und der Nutzer ist freier in seiner Entscheidung, den infrage stehenden Raum zu verlassen. Eine Entkopplung von Anwesenheitsalgorithmus und Interaktionsalgorithmus wäre hier aufgrund des transaktionalen Charakters der Vorgänge vermutlich eine zu grobe Vereinfachung.

Trotz dieser großen Anzahl an untersuchten und letztlich in den Modellen berücksichtigten, unabhängigen Variablen kann für die Ergebnisse immer noch eine breite Streuung der Eingriffshandlungen auf der Individual-ebene festgestellt werden. Dem wird in dem Modell begegnet, indem die Nutzer - lediglich deskriptiv - in „aktive“, „durchschnittliche“ und „passive“ Nutzer aufgeteilt werden. Die Einteilung erfolgt dabei durch die Anzahl der Eingriffsaktionen pro Tag, bleibt jedoch ohne prognostischen Wert, solange diese Unterschiede nicht durch die Einordnung in ein übergeordnetes Modellkonzept begründbar gemacht werden. Hypothesen zur Begründung der dargestellten Unterschiede, wie z.B. eine charakteristische Altersstruktur, unterschiedliche Tätigkeiten oder voneinander abweichende Raumaufteilungen, wurden nicht untersucht.

2.3.6 Arbeiten mit Bezug auf die Nutzung haustechnischer Anlagen

Das Modell von [Schweiker & Shukuya 2009] basiert auf Beobachtungen der Nutzung lokaler Kühleinheiten in den Individualwohnräumen eines international belegten, japanischen Studentenwohnheims in der Nähe Tokyos mit einer Grundfläche von ca. 15 m². Die Beobachtungen fanden im Winter über einen ca. vier- und im Sommer über einen ca. sechswöchigen Zeitraum statt. In einem mehrstufigen Verfahren untersuchten sie, mit welcher Häufigkeit die lokalen Kühleinheiten in Abhängigkeit der vorliegenden Außentemperatur verwendet wurden. Dabei unterschieden sie zwischen Tag-, Abend- und Nachtperioden. In einem weiteren Verfahrensschritt fokussierten sie auf die Nachtsituation, für welche die Anwesenheit mit höherer Präzision festgestellt werden konnte. Sie stellten fest, dass eine erhöhte Prädiktionsgenauigkeit aus der Berücksichtigung nicht nur der aktuellen Temperatur, sondern zusätzlich der mittleren Außentemperaturen der Vortage erfolgt. Dies ist insbesondere deswegen interessant, da der Nutzer dabei gezwungen ist, den Kühlbedarf während der Schlafenszeit (ein Ereignis der Zukunft zum Zeitpunkt des Bedienens) durch Extrapolation vorhergehender Zustände (Temperaturen der vergangenen Tage) abzuleiten. An diesem Beispiel werden wieder Aspekte von „Planung auf der Basis von Erfahrung“ deutlich, die belegen, dass pfadunabhängige Verfahren (z.B. Markow-Ketten erster Ordnung) systematisch zu kurz greifen müssen.

In einem weiteren Schritt wurden die beobachteten Nutzer in jene eingeteilt, welche die Kühleinheiten überdurchschnittlich häufig nutzten und jene, die unterdurchschnittlich häufig auf die Kühlung zurückgriffen. Auf dieser Basis konnte gezeigt werden, dass eine Reihe individualtypischer Eigenschaften (wie z.B. Herkunft, Erfahrung und Einstellung) zu einem signifikant unterschiedlichen Umgang mit den Kühleinheiten führt und dass

diese Faktoren eine ähnlich hohe Prädiktionskraft aufweisen wie typische externe (thermische) Faktoren.

Diese Erkenntnisse finden jedoch keinen Eingang in das von ihnen dargestellte „theoretische Modell menschlichen Verhaltens“. Dieses umfasst ein Sensorsystem, welches körperinterne Zustände erfasst, ein Vergleichssystem, welches die sensorisch aufgenommenen Zustände mit einem (auf der Basis von Erfahrungen gleitenden) Referenzwert vergleicht und darauf basierend ein Anpassungssystem, welches innere (z.B. Durchblutungsrate der Haut) und äußere (z.B. Kühlsystem) Systemzustände verändert und damit neue, sensorisch erfassbare Daten liefert. Damit verbleibt dieses Modell auf der Ebene bekannter Regelkreisansätze, in welchen die zuvor statistisch nachgewiesenen Einflüsse der interindividuell differierenden Referenzrahmen nicht konzeptualisiert werden. Zurecht weisen sie jedoch auf die Unzulänglichkeit isolierter Temperaturwerte (wie z.B. die Außentemperatur) als unabhängige Variablen eines Nutzermodells hin und schlagen vor, stattdessen Größen zu verwenden, die tatsächlich sensorisch wahrnehmbar und durch das zentrale Nervensystem kontrollierbar sind (z.B. Körperkerntemperaturen, Hauttemperaturen).

[Nicol 2001] veröffentlichte u.a. Daten zur Nutzung von Ventilatoren und Heizsystemen in Abhängigkeit der Außentemperaturen in unterschiedlichen europäischen Ländern und in Pakistan (zusätzlich Fenster, Sonnenschutz und Kunstlicht). Der prozentuale Anteil der verwendeten Geräte wurde in Abhängigkeit einer zum Zeitpunkt der Verwendung vorliegenden, mittleren Außentemperatur aufgetragen und durch eine logistische Regression (Logit) angenähert.

Auch in dieser Untersuchung findet ein Bezug zur Außentemperatur statt, der – insbesondere bei der Betrachtung des Heizsystems – kritisch zu beurteilen ist. Je nach Dämmstandard des Gebäudes verschiebt sich die Heizgrenztemperatur, also jene Außentemperatur, unterhalb derer die internen Gewinne eines Gebäudes nicht mehr ausreichen, um den Innenraum auf die gewünschte Temperatur zu heizen. „Null-Energie-Häuser“ benötigen beispielsweise gar kein aktives Heizsystem mehr. Darüber hinaus variieren die internen Gewinne eines Gebäudes in Abhängigkeit der darin stattfindenden Tätigkeit. Büroräume mit einer hohen Anzahl technischer Geräte (EDV, Kopierer, usw.) weisen i.d.R. höhere interne Gewinne auf als z.B. Wohnräume. Der Bezug ist also sowohl gebäude- als auch nutzungsspezifisch und variiert stark über den Gebäudebestand. Nutzereingriff, Gebäudequalität und Nutzungszweck werden bei einer solchen Darstellung also nicht im notwendigen Maß berücksichtigt.

Auch die Aussagekraft hinsichtlich der Nutzung von Ventilatoren ist eingeschränkt. Ventilatoren dienen dazu, die Geschwindigkeit der relativen Luftbewegung an der Körperoberfläche und damit den konvektiven Wärmeübergang und die Schweißverdunstung zu erhöhen. In der Konsequenz führt dies zu einer Abkühlung des Körpers. Das Öffnen von Fenstern hat jedoch u.a. einen ähnlichen Effekt, sodass in der Realität damit zu rechnen ist, dass diese zwei verwandten Nutzereingriffe unter ähnlichen Bedingungen erfolgen. Die getrennte Darstellung (wie sie in der Untersuchung erfolgt) gibt leider keine Auskunft darüber, in welchen Situationen eine der Maßnahmen bevorzugt wird.

2.3.7 Arbeiten mit Bezug auf persönliche Parameter

Persönliche Parameter umfassen die Kleidung der Person, ihren körperlichen Aktivitätsgrad oder sonstige Aktivitäten wie z.B. das Zusichnehmen temperierter Getränke.

[De Dear et al. 1997] haben im Rahmen ihrer Metaanalyse thermischer Behaglichkeit auch die Abhängigkeit der Bekleidung – üblicherweise gemessen in der Dämmeinheit Clo – von der operativen Innenraumtemperatur betrachtet. Erwartungsgemäß fiel der Bekleidungsgrad mit ansteigender Innenraumtemperatur ab, sodass im Winter etwa 0,9 clo und im Sommer ca. 0,7 clo beobachtet werden konnten. Die metabolische Rate hingegen blieb konstant, es wurde also keine Anpassung der Aktivität (insbesondere Reduktion bei ansteigender Innenraumtemperatur) festgestellt. Letzteres mag jedoch auch dadurch begründet sein, dass im Wesentlichen Büro-tätigkeiten betrachtet wurden und es bei dieser Tätigkeit keinen nennenswerten Spielraum gibt, die körperliche Aktivität zu reduzieren. Darüber hinaus ist es fraglich, ob die Korrelation zwischen Innenraumtemperatur und Bekleidungsgrad allgemeingültig ist. Kleidung dient nicht ausschließlich der Regulation des thermischen

Empfindens, sondern erfüllt auch eine funktionale Aufgabe: Bestimmte Tätigkeiten erfordern einen minimalen Bekleidungsgrad, sodass die Freiheit des Individuums, sich den thermischen Bedingungen durch Kleidung optimal anzupassen - je nach Tätigkeit und Anlass - beschränkt ist (z.B. formale Kleidung im Bankwesen vs. legere Kleidung in der eigenen Wohnung). Daraus ergibt sich zum einen die Notwendigkeit, zwischen der Tätigkeit und dem Rahmen, in dem diese Tätigkeit ausgeübt wird, zu unterscheiden und zum anderen, die antreibenden Kräfte nicht ausschließlich im Bereich der klassischen (physiologisch bedingten) Behaglichkeit, sondern ebenfalls in der Funktionserfüllung für die eigentliche Tätigkeit zu suchen.

Auch [Haldi & Robinson 2008] stellten im Rahmen ihrer Untersuchung von acht Schweizer Bürogebäuden keine Abhängigkeit der Aktivität der Nutzer von den Raumtemperaturen fest. Allerdings trifft auch hier zu, dass die Aktivität vornehmlich durch die schreibtischgebundene Tätigkeit in den Büros bestimmt wird und wenig Spielraum zur Anpassung vorliegt. Bezüglich der Kleidung lässt sich jedoch auch in ihrer Untersuchung mit Clo-Werten im Winter um 0,7 und im Sommer von 0,4 eine Abhängigkeit von den vorliegenden mittleren Außentemperaturen feststellen. Dazu gilt das zuvor Gesagte. Darüber hinaus wurde das Trinkverhalten in Abhängigkeit der Raumtemperatur untersucht. Die Anzahl der pro Stunde zu sich genommenen „kühlen Getränke“ stieg demzufolge, einer Logit-Verteilung folgend, mit ansteigender Raumtemperatur an.

Die Autoren weisen zurecht darauf hin, dass die von ihnen parallel durchgeführte Untersuchung gleichgerichteter Kontrollaktionen (z.B. Kleidung ändern, Fenster öffnen/ schließen) keine konkrete Aussage darüber zulässt, in welcher Reihenfolge die Elemente verwendet werden. Aus den Logit-Verteilungen, die sich aus den Untersuchungen von Fenstern, Sonnenschutzvorrichtungen, Kleidung, usw. ergeben, leiten sie jedoch eine T50-Temperatur ab, die für eine 50 %ige Wahrscheinlichkeit steht, das entsprechende Element zu benutzen. Der Vergleich dieser Temperaturen untereinander zeigt deutliche Unterschiede, sodass die Elemente in eine vorläufige Reihenfolge gebracht werden können. Sie schlagen folgende Präferenz-Reihenfolge vor: Kleidung, Türen, Fenster, Sonnenschutz, Ventilatoren, Getränke. Eine Interpretation dieser Reihenfolge wird jedoch nicht angegeben. Darüber hinaus muss auch die reine Abhängigkeit von der Temperatur – z.B. bei der Nutzung des Sonnenschutzes – infrage gestellt werden.

2.4 Stochastische Verfahren auf der Basis statistischer Analysen empirischer Daten, mit Interpretationsansätzen für kausale Zusammenhänge einschließlich Entwicklung eines konzeptuellen Unterbaus

Das Autorenteam um M.A. Humphreys und J.F. Nicol von der Oxford Brooke University hat in den vergangenen Jahren zahlreiche Schriften zu empirischen Daten mit Bezug auf das behaglichkeitsrelevante Interaktionsverhalten von Büronutzern publiziert (siehe insbesondere [Tuohy et al. 2007], [Nicol et al. 2007], [Rijal et al. 2007], [Rijal et al. 2008a], [Rijal et al. 2008b], [Rijal et al. 2008c], [Rijal et al. 2012], [Humphreys et al. 2008]). Sie können auf umfangreiche eigene Messdaten zurückgreifen, die sie in verschiedenen Ländern während der vergangenen Jahrzehnte gesammelt haben. Das aus diesen Beobachtungen entwickelte Modell betrifft vornehmlich das von den Autoren als besonders wichtig eingestufte Fensterbedienverhalten der Nutzer, wird jedoch auch auf die Verwendung von Ventilatoren ausgeweitet.

Das Modell besagt zunächst, dass das Öffnen und Schließen der Fenster im Wesentlichen von der thermischen Behaglichkeit abhängt (andere, potenziell einflussreiche Faktoren wie z.B. Luftqualität oder Außenlärm werden lediglich als „constraints“ betrachtet, also als Einschränkungen für das Öffnen und Schließen von Fenstern). D.h., oberhalb einer Temperatur wird das Fenster zur Entwärmung des Raumes geöffnet und unterhalb einer bestimmten Temperatur wird das Fenster aufgrund unbehaglich geringer Temperaturen geschlossen. Die beiden „Triggertemperaturen“ sind dabei nicht identisch, sondern werden durch ein „Deadband“ von einigen Grad Kelvin voneinander getrennt, da es ansonsten zu einem Oszillieren des Fensterzustands käme.

Der Begriff „Deadband“ kommt eigentlich aus der Regelungstechnik, bedeutet Totzone und beschreibt einen Bereich, in dem der Regler kein Signal sendet („0“), während er außerhalb dieses Bereichs entweder -1 oder 1 sendet. Beispielsweise kann mit der Verwendung eines Deadbands erreicht werden, dass ein Raumtemperatur-

Regler nicht augenblicklich zu kühlen beginnt (Reglerzustand 1), sobald die Temperaturobergrenze für das Heizen überschritten wird (Reglerzustand -1). Zwischen Heizobergrenze und Kühluntergrenze besteht ein Bereich, in dem der Regler passiv ist (Reglerzustand 0). Das, was die oben genannten Autoren implementieren ist, jedoch keine Totzone, sondern eine Hystereseschaltung. Bei dieser Art Schaltung ist die Entscheidung des Reglers nicht nur vom momentanen Zustand der Regelgröße, sondern ebenso von deren unmittelbarer Vorgeschichte abhängig (Pfadabhängigkeit). Beispielsweise kann das Verhalten einer reinen Heizung durch eine Hysterese dargestellt werden. D.h. konkret, dass einer der Schaltunkte für das System bei einer höheren Raumtemperatur (Abschaltpunkt, z.B. 22°C) liegt als der andere (Einschaltpunkt, z.B. 19°C). Ohne diese Trennung von An- und Abschalttemperatur - also bei Implementierung einer singulären Schalttemperatur, z.B. 20°C - würde das System auf 20°C heizen, ausschalten, und unmittelbar bei Unterschreitung dieser Temperatur wieder mit dem Heizen beginnen. Ein permanentes An- und Abschalten des Systems wäre die Folge, was eben durch eine Hystereseschaltung verhindert wird. Genau dies trifft ebenso auf das Fensteröffnungs- und Schließverhalten eines Gebäudenutzers zu. Wird das Fenster zum Abkühlen des Raumes geöffnet, so wird es nicht augenblicklich wieder geschlossen, sondern es wird ein zu definierendes Maß an Temperaturabfall toleriert, bis der Nutzer den Aufwand eines erneuten Eingriffs betreibt.

Der zunächst als „Deadband“ bezeichnete Bereich wird später „comfort zone“ genannt (Abbildung 05), in deren Zentrum die subjektiv optimale Komforttemperatur liegt. Als Regelgröße wird in diesem Zusammenhang die Raumlufttemperatur oder die Raumgloбетemperatur (operative Raumtemperatur) angesehen.

In den vergangenen Jahren hat sich die Überzeugung durchgesetzt, dass die optimale Komforttemperatur - insbesondere in frei belüfteten Gebäuden - einer saisonalen Veränderung unterliegt ([Humphreys 1978], [de Dear et al. 1997]). Die Autoren verwenden daher eine Gleichung, welche die Komforttemperatur in Abhängigkeit der mitlaufenden, mittleren Außentemperatur bestimmt. Die gesamte Hysterese ist somit horizontal verschiebbar und ihre Position wird durch die Außenbedingungen des Gebäudestandorts bestimmt. Dabei ist auffallend, dass zur Definition thermischer Behaglichkeitszustände zunehmend wieder auf Temperaturwerte und nicht auf den von [Fanger 1970] entwickelten Predicted Mean Vote (PMV) zurückgegriffen wird. Dem PMV liegen mehr Parameter zugrunde, die das thermische Empfinden beschreiben, als nur die Temperatur (z.B. auch Kleidung, Aktivität, usw.), sodass er tendenziell besser in der Lage ist, die vielfältigen sensorischen Informationen des zentralen Nervensystems zu berücksichtigen (vergleiche Kommentar weiter oben zu [Schweiker & Shukuya 2009]). Wohlbefinden bei unterschiedlichen Temperaturwerten kann somit z.B. durch verschiedene Aktivitätsgrade oder unterschiedliche Kleidung mitbestimmt werden, was sich durch den PMV-Wert darstellen lässt, durch einen Temperaturwert jedoch nicht. Dieser Wechsel ist nicht zuletzt durch die Arbeit von [de Dear et al. 1997]

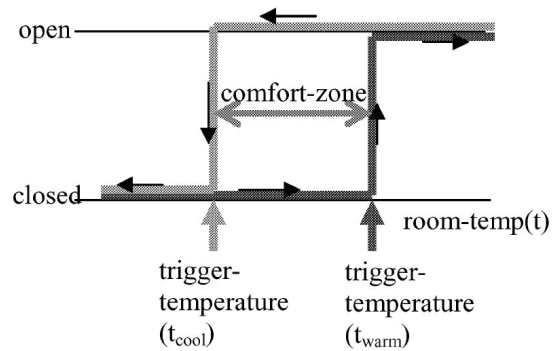


Abbildung 05 Darstellung der sogenannten „comfort-zone“ nach [Humphreys et al. 2008], fig.1.

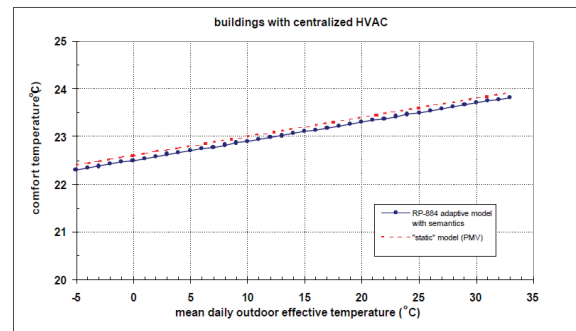


Abbildung 06 Übereinstimmung der neutralen Voten in klimatisierten Gebäuden mit der Vorhersage des PMV, ausgedrückt als „comfort temperature“, nach [de Dear et al. 1997], fig. 4.3.

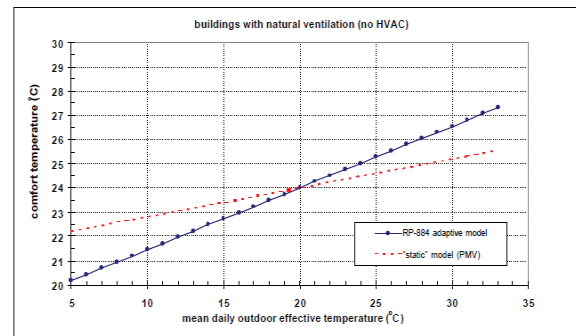


Abbildung 07 Diskrepanz der neutralen Voten in frei belüfteten Gebäuden gegenüber der Vorhersage des PMV, ausgedrückt als „comfort temperature“, nach [de Dear et al. 1997], fig. 4.4.

ausgelöst worden. Eine von zwei wesentlichen Aussagen ihrer Auswertung war, dass die neutrale Temperatur - also jene, bei der sich Personen thermisch neutral fühlen - für Nutzer frei belüfteter Gebäude deutlich außen-temperatursensitiver ist als für Nutzer zentral klimatisierter Gebäude. D.h. konkret, während warmer Außentemperaturen ist die erste Gruppe wärmetoleranter als die zweite Gruppe, sodass für Erstere weniger strenge Temperaturkriterien bei der Planung von Gebäuden angelegt werden müssen. Die zweite Aussage besagt, dass der PMV-Index das neutrale Wärmeempfinden für Nutzer klimatisierter Gebäude gut darstellt und in der Konsequenz das neutrale Wärmeempfinden für die Nutzer frei belüfteter Gebäude deutlich unterschätzt (ungünstiger als in der Realität abschätzt).

Beide Aussagen sind in Abbildung 06 und Abbildung 07 dargestellt. Jeweils der rote Graph stellt dabei das rechnerische Ergebnis der neutralen Temperatur dar, bestimmt unter Zuhilfenahme des PMV-Algorithmus'. Der blaue Graph zeigt hingegen das Ergebnis aus der statistischen Auswertung aus [de Dear et al. 1997] an. Offensichtlich findet man eine gute Übereinstimmung in der Kategorie „HVAC“, jedoch einen steileren Anstieg der gemessenen Werte mit der monatlichen Außentemperatur in der Kategorie „NV-buildings“. Der Anstieg der neutralen Temperatur auf der Basis des PMV-Algorithmus' (roter Graph) lässt sich durch die habituelle Anpassung des Nutzers an die wärmere Umgebung, z.B. durch Ändern der Kleidung oder durch erhöhte Luftbewegung bei geöffnetem Fenster, eben durch alle verhaltensgesteuerten Parameter des PMV, erklären. Diese Effekte sind ebenfalls, wenn auch implizit, in der Bestimmung der neutralen Temperatur aus den empirischen Daten enthalten (blauer Graph). Wird also die neutrale Temperatur nach dieser Systematik bestimmt, wird implizit davon ausgegangen, dass bereits eine Reihe von Anpassungsvorgängen stattgefunden hat, inklusive des Öffnens der Fenster. So steigt z.B. mit der als neutral empfundenen Temperatur die gemessene Luftbewegung im Raum an, während der Bekleidungsgrad gleichzeitig abnimmt ([de Dear et al. 1997]). Somit entsteht bei dem oben geschilderten Verfahren aus der Humphreys-Nicol-Gruppe ein gedanklicher Zirkelbezug: Das Ergebnis der Operation (z.B. Fenster öffnen/ schließen), ist unmittelbar und direkt von dem Wert abhängig (der „comfort-temperature“), der diese Operation jedoch bereits berücksichtigt. Dieser Zirkelbezug entsteht also, da auf der Basis der Abweichung von einer neutralen Temperatur (die „Triggertemperaturen“) versucht wird, Verhalten abzuleiten, dessen Effekt jedoch implizit bereits in der Bestimmung der neutralen Temperatur enthalten ist.

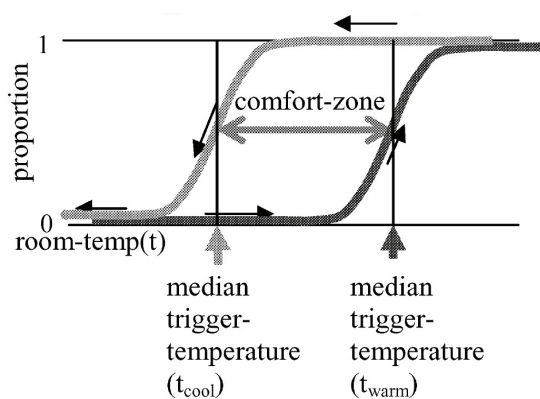


Abbildung 08
„Comfort-zone“ mit stetigen Grenzwerten, nach [Humphreys et al. 2008], fig.2.

Im oben genannten Modell der Humphreys-Nicol-Gruppe sind die Triggertemperaturen (also die Hysteresegrenzen) nicht scharfkantig, sondern entsprechen der Form der Logit-Verteilung, die sich aus den empirischen Daten ergibt (dargestellt z.B. in [Rijal et al. 2012]). In der Messauswertung stellen diese s-förmigen Grenzen Proportionalitätswerte dar, die eben nicht schlagartig, sondern stetig von 0 auf 1 ansteigen. Diese Transitionszone wird mit interindividuellen Unterschieden erklärt, d.h. das eine Individuum öffnet bzw. schließt das Fenster unter anderen thermischen Bedingungen als das andere Individuum. Auch intraindividuell können die Hysteresegrenzen variieren und die Logit-Kurven werden dann nicht als Proportionalität, sondern als Aktions-Wahrscheinlichkeit interpretiert.

Die Ausweitung dieser Systematik auf andere Regelungselemente (z.B. Kleidung, Sonnenschutz, Heizung, usw.) ist nur schwer durchführbar. Z.B. stehen jedem Nutzer, je nach Gebäudeentwurf, eine Reihe von Regelungselementen zur Verfügung, die ihm helfen, den Zustand seiner lokalen Umgebung nach seinen Bedürfnissen zu beeinflussen. Beschränkt man sich für den Augenblick auf thermische Belange, so verbleiben verschiedene Eingriffsmöglichkeiten, die zwar alle die thermische Situation beeinflussen, jedoch jeweils auf eine spezifische Art und Weise. Wird die Charakterisierung des thermischen Zustands jedoch auf die Feststellung der operativen Raumtemperatur beschränkt, so stehen keine umfassenden, spezifischen Informationen über den Charakter der thermischen Situation zur Verfügung. Es kann eben aus verschiedenen Gründen z.B. „zu warm“ sein: aufgrund zu starker Solareinstrahlung in den Raum oder durch zu warme Kleidung. Es kann nicht

als gesichert angesehen werden, dass das Fenster in einer solchen Situation durch den Nutzer geöffnet wird, selbst wenn die vorliegende Temperatur in dieser Situation eine bestimmte „Triggertemperatur“ überschritten hat. Das Schließen des Sonnenschutzes oder das Ablegen eines Kleidungsstückes liegen ebenfalls im Bereich wirksamer und damit wahrscheinlicher Handlungen. Im umgekehrten Sinne kann ebenfalls die Unterschreitung einer bestimmten Temperatur beispielsweise durch entsprechend intensive Solarstrahlung oder durch zusätzliche Kleidung kompensiert werden. Somit kann, bei der beschränkten Betrachtung der Temperatur als auslösendem Moment, eine Präferenz-Reihenfolge für die Handlungsmöglichkeiten mit dieser Systematik nicht aufgestellt werden. Wird der momentan auf den thermischen Zustand beschränkte Betrachtungsraum erweitert, z.B. um den Aspekt der Luftqualität, so wird die Situation noch komplizierter, da das Öffnen des Fensters aufgrund subjektiv unzureichender Innenraumluftqualität und das Schließen des Fensters aufgrund subjektiv unzureichender Außenluftqualität erfolgen kann. Gleiches gilt z.B. für Lärmsituationen und Ähnliches.

In [Rijal et al. 2008c] (siehe auch [Rijal et al. 2012]) stellen die Autoren ein Verfahren dar, mithilfe dessen die Nutzung von Fenstern mit der Nutzung von Ventilatoren kombiniert werden kann. Sowohl für die Nutzung der Fenster als auch für die Nutzung der Ventilatoren werden dafür aus Messdaten voneinander unabhängige Aktions-Wahrscheinlichkeitsverteilungen gewonnen, die in Abhängigkeit der jeweiligen Komforttemperatur bestimmt werden. Die „Triggertemperaturen“ sind in diesem Fall jedoch nicht mehr nur von der mittleren Außentemperatur abhängig, sondern ebenso davon, ob die Ventilatoren in Betrieb sind oder nicht. Sind sie in Betrieb, so steigt die „Triggertemperatur“ um einen definierten Wert an, da die Luftbewegung zu einem erhöhten Wärmeaustausch führt und den Körper damit kühlt. Hieraus ist jedoch wiederum keine Präferenz-Reihenfolge ableitbar. Die Frage, ob ein Nutzer bei einer Raumtemperatur, die oberhalb der „Komforttemperatur“ liegt, dazu neigt, den Ventilator einzuschalten, um die Komforttemperatur über die Raumtemperatur zu heben oder dazu neigt, das Fenster zu öffnen, um die Raumtemperatur in Richtung der „Komforttemperatur“ zu senken, ist nicht ersichtlich.

Eine grundsätzlich mit den täglichen Erfahrungen übereinstimmende Interpretation stellt die Spreizung der „Triggertemperaturen“, also die Breite der Hysterese, durch „constraints“ dar. Dabei wird die Hysteresebreite als ein Maß für die Beschränkung der Handlungsmöglichkeiten („constraints“) interpretiert. Beschränkungen können durch die Randbedingungen - z.B. das Maß der Erreich- und Bedienbarkeit oder der Dresscode - oder durch die negativen Konsequenzen, die durch das Handeln befürchtet werden müssen - z.B. das Eindringen von Lärm oder Staub beim Öffnen des Fensters - entstehen. Je breiter die Hysterese ist, umso größer sind die Handlungsbeschränkungen bzw. die Kosten, die entstehen, um diese zu überwinden. Diese Kosten stehen dem Ertragen von Unbehaglichkeit gegenüber, sodass eine Interaktionshandlung erst dann erfolgt, wenn die Unbehaglichkeit Ausmaße annimmt, welche die Kosten des Eingriffs aufheben. Allerdings gibt es in dieser Systematik auch „positive constraints“, d.h. Bedingungen, welche die Eingriffswahrscheinlichkeit erhöhen, z.B. eine schlechte Raumluftqualität als positiver „constraint“ für die Fensterlüftung.

In [Tuohy et al. 2007] wenden die Autoren den von ihnen entwickelten Algorithmus in Testsimulationen an und vergleichen ausgewählte Simulationsergebnisse (z.B. Maximaltemperaturen, Überhitzungsstunden) mit Simulationsergebnissen, die unter der Annahme herkömmlicher Handlungsmodelle berechnet wurden. Die Ergebnisse deuten an, dass Simulationsergebnisse im Allgemeinen erheblich von der Modellierungsstrategie des Nutzerverhaltens bestimmt werden. Da der Nutzereingriff in diesem Modell probabilistisch ist, d.h. eben keine fixierten Grenzen, sondern lediglich Wahrscheinlichkeiten berücksichtigt werden, wird empfohlen, bei einer Gebäudeauslegung mehrere Simulationsdurchläufe durchzuführen. Somit kann eine wahrscheinliche Bandbreite der zukünftigen Gebäudeleistung ermittelt werden ([Rijal et al. 2012]).

2.5 Holistische Betrachtungsweise

Nahezu alle bisher zusammengefassten Arbeiten beschränken sich in ihrer Modellbildung neben der Nutzeranwesenheit lediglich auf ein weiteres „Feld“. In den meisten Fällen geht es um thermische oder um visuelle Aspekte. Wie jedoch bereits bemerkt, beeinflusst das Betätigen eines Elements häufig nicht nur einen dieser Aspekte, sondern in der Regel gleich mehrere. Das Öffnen des Fensters hat sowohl Einfluss auf die thermische

Innenraumsituation als auch auf die Luftqualität und den Lärmpegel im Raum. Möglicherweise kann ein und dieselbe Aktion somit sogar gegenläufige Effekte haben: z.B. die gewünschte Entwärmung des Raumes zu den Kosten eines hohen Innenraumschallpegels.

Welche Bedeutung die Betrachtung aller „komfort“-relevanten Bereiche bei der Entwicklung eines Energie- und Klimakonzeptes hat, wurde bereits durch [Citherlet et al. 2001] und [Citherlet 2001] dargestellt. Es wurde gezeigt, dass eine Beschränkung auf Teilbereiche zu einer deutlichen Fehleinschätzung der Gebäudequalität mit den entsprechenden Folgen für die Planung führen kann (beispielsweise Planung des sommerlichen Wärmeschutzes ohne Berücksichtigung der raumakustischen Anforderungen). Die Berücksichtigung aller Nutzerbedürfnisse als Beurteilungsgrundlage für eine Planungsentscheidung ist ohne Zweifel richtig, da kein Interesse daran besteht, eine einseitige Optimierung auf Kosten anderer Kriterien durchzuführen. Der Ansatz von Citherlet beschränkt sich jedoch auf die zusammenfassende Bewertung von Gebäuden aus bauphysikalischer/bauklimatischer Sicht, trägt also lediglich die Bewertungsgrundsätze unterschiedlicher Disziplinen zusammen. Die Wechselwirkung zwischen Nutzer und Gebäude auf der Basis zeitlich veränderlicher Randbedingungen - so wie es in der Gebäudesimulation erforderlich ist - bleibt dabei unberücksichtigt. Eine holistische Betrachtungsweise muss jedoch vorgenommen werden, da - wie vielfach gezeigt - die Nutzung einzelner Gebäudeelemente (wie z.B. der Fenster) immer auf eine Reihe unterschiedlicher Innenraum-Umgebungsbedingungen Einfluss nimmt. Die Ergebnisse dieser Einflussnahme müssen dabei eben nicht zwingend allesamt erwünscht sein, wobei negative Effekte jedoch möglicherweise über einen gewissen Zeitraum toleriert werden können (geöffnetes Fenster trotz Lärm bei Frischluftbedarf). Daraus entsteht die Notwendigkeit, die unterschiedlichen Bedürfnisse (wie z.B. nach Wärme, Kühle, frischer Luft, Stille) in eine „Bedürfnis-Rangfolge“ zu bringen. Ähnliches wurde z.B. durch [Bubb 2007] bzw. [Krist 1994] in Bezug auf Fahrzeugkomfort entwickelt.

2.6 Ansätze, die den Einfluss von „Kontrolle“ über die lokale Umgebung berücksichtigen

Wird der Nutzer eines Gebäudes in die Lage versetzt, regelnd in das Gebäude einzugreifen, so erlangt er zu einem gewissen Maß Kontrolle über seine lokale Umgebung. Inwiefern diese Möglichkeit alleine bereits zum Wohlbefinden des Nutzers beiträgt, ob also das Eingreifen an sich einen Wert darstellt, wird seit etwa Ende der 1980er in wissenschaftlichen Veröffentlichungen diskutiert.

Die Vermutung ist berechtigt, dass dieser Aspekt eine Rolle für die Entwicklung eines Modells zur Vorhersage des Interaktionsverhaltens des Nutzers mit den Elementen des Gebäudes spielen kann. Dies stützt sich auf die Annahmen, dass ein Eingriff des Nutzers insbesondere dann erfolgt, wenn der Nutzer unzufrieden mit seinen Umgebungsbedingungen ist. Trägt die bloße Möglichkeit zur Kontrolle zum Wohlbefinden bei, sind Eingriffe möglicherweise seltener. Ist der Eingriff als solches wertvoll, muss der Eingriff nicht unbedingt zur Veränderung der physikalisch messbaren Raumbedingungen führen, um als erfolgreich empfunden zu werden. In den nachfolgenden Absätzen soll daher eine kurze Übersicht des momentanen Forschungsstandes skizziert werden.

[Vischer 2007] integriert die oben genannte Grundannahme in ihr Modell des „workspace stress“. Sie unterscheidet dabei zwischen *physischem* Komfort (eine Grundnotwendigkeit, um einen Raum bewohnbar zu machen, so z.B. Hygiene, Sicherheit, Zugänglichkeit), *funktionalem* Komfort (die physiologisch beschreibbaren Aspekte wie thermische und visuelle Bedingungen, usw., zusätzlich Ergonomie, Raumanordnung u.ä.) und schließlich *psychischem* Komfort, der unter anderem durch die Möglichkeit bedingt wird, Kontrolle über seine Arbeitsumgebung ausüben zu können („environmental control“). Insbesondere existiert Vischer zufolge ein positiver psychologischer Einfluss durch die instrumentelle Kontrollierbarkeit des Arbeitsplatzes („instrumental control“), z.B. durch einstellbare Arbeitsoberflächen, schaltbares Kunstlicht oder öffnen- und verschließbare Türen. Dadurch stellt der Aspekt des psychischen Komforts ein Verbindungselement zwischen psychosozialen Aspekten und der Gestaltung der Arbeitsumgebung dar.

Feldstudien sind bisher konsistent zu dem Ergebnis gekommen, dass sommerliche Temperaturen, die von den Nutzern als neutral bzw. akzeptabel empfunden werden, in frei belüfteten Gebäuden höher liegen als in Gebäuden mit zentraler Regulierung ([de Dear et al. 1997], siehe oben). Dieser Effekt wird im Allgemeinen den

umfangreicheren Möglichkeiten in frei belüfteten Gebäuden zugeschrieben, individuell kontrollierend in die Umgebung eingreifen zu können. Die grundsätzlich ebenso plausible Erklärung, dass höhere Temperaturen durch physiologische Adaptation saisonal als weniger kritisch empfunden werden, wird in der Behaglichkeitsliteratur sehr konsequent ausgeschlossen. [Brager & de Dear 1998] zitieren eine Reihe von Studien zur thermischen Adaptation, jedoch mit widersprüchlichen Ergebnissen. In der Mehrheit der aufgeführten Studien erwies sich die neutrale Temperatur für Personengruppen mit unterschiedlichem klimatischen Hintergrund als praktisch gleich, verschiedene andere Experimente resultierten jedoch in signifikant unterschiedlichen neutralen Temperaturen mit Differenzen bis zu 3 Grad Kelvin.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, zwischen der physiologischen Adaptation an wechselnde thermische Bedingungen und der Adaptation der als neutral empfundenen Bedingungen zu unterscheiden. Die physiologischen Anpassungsmechanismen, wie z.B. veränderbare Schweißraten und wechselnde Auslösetemperaturen für die Schweißproduktion, sind bekannt (siehe z.B. [Armstrong 1998]). Die Veränderung neutraler Empfindungen ist darüber hinaus aus anderen Bereichen der Wahrnehmung bekannt: Aus der allgemeinen Erfahrung ist bekannt, dass das Auge innerhalb einer bestimmten Bandbreite in der Lage ist, sich an unterschiedliche Helligkeitssituationen anzupassen. Stark von diesem Adaptationszustand abweichende Helligkeiten werden als unbehaglich oder unfunktionell empfunden (z.B. Blendung im Anschluss an den Aufenthalt in dunklen Räumen). Auch der Geruchssinn ist in der Lage, sich an unterschiedliche Geruchsintensitäten anzupassen, und zwar insofern, als dass zunächst als unbehaglich empfundene Gerüche häufig nach kurzer Expositionszeit nicht mehr wahrgenommen werden. Daraus kann geschlossen werden, dass grundsätzlich Mechanismen existieren, die in der Lage sind, den Punkt neutraler Empfindungen zu verschieben. In der physiologischen Literatur - nicht in der Behaglichkeitsliteratur - existieren eine Reihe von Hinweisen darauf, dass dies auch für das thermische Empfinden zutrifft. [Shoemaker & Refinetti 1996] demonstrierten beispielsweise unterschiedliche Unbehaglichkeitsgrenzen für Tag- und Nachtzeiten, [Pöllmann 1994] stellte fest, dass die von Fabrikarbeitern geäußerte thermische Zufriedenheit in einer thermisch strikt kontrollierten Arbeitsumgebung sowohl im Tages- als auch im Jahresgang variierte, [Khudaiberdiev et al. 1991] zeigten, dass die Empfindung von Temperaturanstiegen Gegenstand intersaisonaler Unterschiede in der Wärmeadaptation ist und [Schulz 1960] konnte zeigen, dass sich konstante Ausdrücke für das thermische Empfinden („kalt“, „warm“ usw.) im Jahresgang auf Temperaturen mit Unterschieden von bis zu 10 Grad Kelvin bezogen. Somit kann zumindest festgestellt werden, dass die in der Literatur verbreiteten Angaben nicht konsistent sind, jedoch die Frage erlaubt sein muss, aus welchem Grund eine Wahrnehmungsverschiebung für manche Sinnesmodalitäten möglich sein soll, für andere jedoch nicht.

In Rahmen einer anderen Studie untersuchten [Brager et al. 2004] die neutralen Temperaturen von Büroarbeitern in einem frei belüfteten Großraumbüro. Während sich die thermischen Bedingungen für die Mitarbeiter praktisch nicht unterschieden, bewerteten jene Mitarbeiter, deren Arbeitsplatz weiter von der Fassade entfernt lag, die Bedingungen ungünstiger als jene, deren Arbeitsplatz direkt an der Fassade lag. Der charakteristische Unterschied bestand also in dem Maß an Kontrolle, über das die Mitarbeiter verfügten: Weiter entfernt sitzende Mitarbeiter mussten einen größeren Aufwand für die Bedienung des Fensters leisten und sich darüber hinaus mit den dort sitzenden Mitarbeitern über ihre Absicht auseinandersetzen.

Durch die Auswertung eigener Feldstudien hat [Paciuk 1990] (auch [Paciuk 1993]) deutliche Hinweise dafür gesammelt, dass Kontrolle die Zufriedenheit eines Nutzers mit den thermischen Bedingungen sehr stark positiv beeinflussen kann. Auch [Lee & Brand 2005] haben diesen Zusammenhang untersucht und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass das Maß der empfundenen Kontrolle über die physische Arbeitsumgebung einen positiven und signifikanten Einfluss auf die Zufriedenheit mit der physischen Arbeitsumgebung hat und zudem positiv mit der selbstberichteten Jobzufriedenheit korreliert.

[Haldi & Robinson 2008] haben aus der oben bereits angesprochenen Untersuchung von acht Schweizer Bürogebäuden „empirical adaptive increments“ abgeleitet. Diese sollen beschreiben, in welchem Maß das Ausüben einer kontrollierenden Handlung (z.B. Fenster öffnen, Sonnenschutz schließen) die Akzeptanz höherer Temperaturen steigert. Numerisch drücken sie dies durch den Anstieg der neutralen Temperatur aus, also derjenigen Temperatur, bei der neutrale Voten abgegeben werden. Das Verfahren, das sie anwenden, beruht darauf,

die Nutzer sowohl nach ihrem Votum als auch nach Eingriffen innerhalb der letzten Stunde zu fragen. Somit können die Voten binär zugeordnet und verglichen werden (mit und ohne vorhergehende Eingriffshandlung). Sie kommen konsistent zu dem Ergebnis, dass die gleichen Temperaturen bei einer vorhergehenden Eingriffshandlung toleranter bewertet werden (bzw. gleichen Voten höhere Temperaturen im Falle des vorherigen Eingreifens zugrunde liegen).

Den Ergebnissen muss jedoch kritisch begegnet werden. Wenn es tatsächlich so ist wie es von den Autoren gemutmaßt wird, muss der Einfluss von Kontrollhandlungen transienter Natur sein, da er ja offenbar vergeht. Die Frage, welche Verfallseigenschaften der positive Einfluss kontrollierender Handlungen haben könnte, wird jedoch nicht diskutiert. Augenblicklich schließt sich daran die weitere Frage an, ob sich die *einzelne* Kontrollhandlung als solche positiv auswirkt oder ob der positive Einfluss aus der *generellen* Kontrollierbarkeit der lokalen Umgebung entsteht, was zwei unterschiedliche Perspektiven darstellt. Die Untersuchungsmethodik schließt außerdem nicht aus, dass physiologische Adaptationsvorgänge verantwortlich für die Verschiebung der Bewertung sind (Adaptation an die kritischeren Zustände vor dem Eingriff).

Ein wesentlicher, weiterer Punkt bezieht sich auf die bereits oben angesprochene Reduktion auf die (operative) Raumtemperatur als Repräsentation des thermischen Empfindens. Hiermit werden nicht alle Faktoren berücksichtigt, die Einfluss auf das thermische Empfinden einer Person haben. Wenn die Autoren feststellen, dass nach dem Öffnen des Fensters höhere Temperaturen akzeptiert werden, so ist das nicht zwingend auf das Ausführen der Kontrollhandlung zurückzuführen, sondern kann alternativ auch auf die dadurch bewirkte, höhere Luftbewegung zurückgeführt werden. Dies gilt insbesondere für die Verwendung von Ventilatoren, welche, laut ihrer Untersuchung, eine besonders deutliche Verschiebung der neutralen Temperatur zur Folge hat. Auch beim Schließen des Sonnenschutzes ist es plausibel, dass Nutzer ohne die Einwirkung direkter Solarstrahlung höhere Temperaturen als neutral empfinden. Der Rückgriff auf die Temperatur als maßgebliche thermische Größe (anstelle des PMV) begünstigt in diesem Zusammenhang möglicherweise falsche Schlussfolgerungen.

Die Schlüsselbegriffe, die in diesem gesamten Zusammenhang verwendet werden, sind „Kontrolle“ und ihre Beziehung zu „Erwartungen“. Sie werden in dem Sinne verwendet, *“that this sense of control leads to a relaxation of expectations and greater tolerance of temperature excursions”* ([Brager et al. 2004]). Als mögliche Erklärung wird vorgeschlagen, *“that people are more accepting of variations that come from a known source having predictable behavior”* (zitiert bei [Brager et al. 2004]). Diese Begründungen verwenden mit den Begriffen „Erwartung“, „Toleranz“ und „Kontrolle“ Termini, die der Wissenschaft der Psychologie entlehnt sind. Sie werden jedoch offenbar eher in ihrer Alltagssprachlichen Bedeutung und nicht als echte psychologische Konzepte verwendet. Aus psychologischer Sicht verbergen sich hinter diesen Begriffen jedoch sehr komplexe Zusammenhänge. Auf welche Art und Weise und in welchem Maß diese Konzepte eine Erklärung für den Unterschied zwischen natürlich belüfteten und zentral klimatisierten Gebäuden liefern können, ist also zum gegenwärtigen Zeitpunkt vollkommen unklar. Wird jetzt noch die unsichere Datenlage in Betracht gezogen, so erscheint der Aufwand einer Konzeptualisierung des Einflusses von „Kontrolle“ auf ein Nutzermodell zu diesem Zeitpunkt und im Rahmen dieser Arbeit nicht lohnenswert. Dieser Aspekt wird daher im Rahmen dieser Bearbeitung ausgeklammert.

3. DEFIZITTENDENZEN BISHERIGER FORSCHUNG UND KONKRETISIERUNG DES EIGENEN FORSCHUNGSZIELS



3.1 Die Bedeutung der Betrachtung von „Kontext“ für die Entwicklung dieser Arbeit

Da sich der Forschungsansatz, der in dieser Arbeit verfolgt wird, von der Methodik der bisher verfolgten Forschungsansätze *grundlegend* unterscheidet, könnten Schwierigkeiten damit entstehen, die vorliegende Arbeit dem erforderlichen Vergleich mit den existierenden Arbeiten und Forschungsergebnissen zu unterziehen. Daher wird in diesem Abschnitt eine Re-Analyse der bisherigen Forschungsarbeiten durchgeführt. Die in diesem Abschnitt gewählte Darstellung folgt jedoch, im Gegensatz zur Darstellung des Abschnitts 2, nicht der konventionellen Strukturierung einer fallweisen Beschreibung und sachlogischen Kritik. Stattdessen wird der momentane Forschungsstand in *diesem* Abschnitt mit Blick auf die *grundlegenden Defizittendenzen* strukturiert, die sich aus der übergeordneten Analyse des Bestands an Forschungsarbeiten ableiten lassen.

Ein *zentrales Defizit* des gegenwärtigen Forschungsstandes besteht in der ungenügenden Berücksichtigung kontextueller Einflüsse auf die Interaktionshandlungen des Gebäudenutzers. Dieses Defizit kann zum einen deswegen als zentral betrachtet werden, da die Berücksichtigung von Kontext von zahlreichen Autoren explizit als primär erforderlich für eine verbesserte Prognose des Nutzerverhaltens benannt wird. Zum anderen ist dieses Defizit deswegen als zentral zu erachten, da sich aus ihm maßgebliche konkrete Erfordernisse ableiten und sich die alternativen Ansätze dieser Arbeit konkret entwickeln lassen.

Sieht man von den Arbeiten der Humphreys-Nicol-Gruppe aus Oxford ab (Abschnitt 2.4 auf Seite 27), so erfolgt die Betrachtung von „Handlung“ in den Forschungsarbeiten i.d.R. *punktuell*, d.h. *isoliert von einem einbettenden Kontext*. Die statistische Berücksichtigung eines mehr oder minder komplexen Umfangs an energetischen und teils materiellen Umgebungsbedingungen ändert an dieser Aussage nichts Wesentliches, denn Handlungen sind sicherlich in einen weitaus komplexeren Hintergrund eingebettet. Dies lässt sich anhand der Alltagserfahrung leicht überprüfen: Verwendet ein Nutzer z.B. seinen Sonnenschutz, so kann dies erfolgen, da ihm die eingetragene Solarstrahlung zu intensiv ist, da das eingetragene Licht Blendungen hervorruft, da er seine Privatsphäre schützen möchte oder da er sich von dem Geschehen außerhalb des Gebäudes nicht von seiner Arbeit ablenken lassen möchte. Eine aus dem Kontext herausgelöste Handlung (wie hier die Bedienung des Sonnenschutzes) ist also *mehrdeutig*, da in der Handlung selber keine Informationen über die Handlungsbedingungen enthalten sind. Die Betrachtung der Intensität der Umgebungsbedingungen reduziert diese Mehrdeutigkeit zwar, jedoch zeigen die hohen stochastischen Anteile der Modelle und die mangelnde Übertragbarkeit der Algorithmen auf andere Nutzungsbegebenheiten (andere Gebäude, andere Nutzer), dass die Berücksichtigung von „Kontext“ offenbar über die Betrachtung von Umgebungsbedingungen hinausgehen muss. Es verhält sich mit diesen Handlungen vermutlich ähnlich wie mit einem Balken innerhalb eines Tragwerks. Aus der bloßen Betrachtung seiner Spannungen und seiner Deformationen lassen sich keine eindeutigen Rückschlüsse auf die Eigenschaften des Tragwerks ziehen, dessen Teil er ist. Stattdessen müssen die Eigenschaften des Tragwerks - sozusagen als einbettender Kontext des Balkens - bekannt sein, damit die Spannungen und Deformationen des Trägers bestimmt und interpretiert werden können.

Diese Überlegungen führen zu der essenziellen Fragestellung, *woraus* der Kontext denn besteht. Welche „Komponenten der Realität“ - zunächst einmal als alle möglichen beobachtbaren Ereignisse und Elemente der Realität verstanden - üben Einfluss auf die Interaktionshandlungen des Nutzers aus? Welche Eigenschaften und welche Form hat dieser Kontext? Um hierüber Informationen zu erlangen, ist zunächst die intensive Betrachtung dieser Realität erforderlich. Da es jedoch nahe liegt, dass individuelle Handlungen nicht primär durch die objektive, messbare Realität, sondern stattdessen durch das subjektive Realitäts- bzw. Alltagsbild des Nutzers bestimmt werden, muss eben speziell diese *subjektive Alltagsrealität* betrachtet werden. Um dabei wirkungsvolle (im Sinne von handlungsmittbestimmende) Anteile der Alltagsrealität nicht systematisch oder willkürlich auszuschließen, muss diese Betrachtung zudem möglichst breit angelegt werden. Dieses Gesamtbild muss dann anschließend methodisch auf diejenigen Anteile *reduziert* werden, welche die Handlungen des Nutzers tatsächlich mitbestimmen.

Die bloße *Deskription* aller möglichen, handlungsmittbestimmenden „Alltagsrealitäts-Komponenten“ ist als Basis für die konkrete Prognose von Interaktionshandlungen jedoch nicht ausreichend. Hierfür ist zusätzlich eine wissenschaftsfundierte Betrachtung des Kontextes notwendig. Hierzu kann man nur gelangen, indem diese

Alltagsrealitäts-Komponenten zunächst systematisiert dargestellt werden. D.h. konkret, dass die Komponenten *taxonomisch* geordnet und die Beziehungsgeflechte zwischen diesen Komponenten *ontologisch* dargestellt werden müssen. Erst auf dieser Basis ist eine *wissenschaftsfundierte Konzeptualisierung* des Problemfelds mit dem Ziel möglich, das individuelle Handeln im Gebäude tatsächlich zu verstehen und ggf. zu beeinflussen. Es liegt die Vermutung nahe, dass hierfür Theorien aus der Psychologie „importiert“ werden müssen. Die bisherige Forschung zielte allerdings weitestgehend auf korrelative Beziehungen ab, aus denen nur bedingt ein Verständnis des individuellen Handelns abgeleitet werden kann.

Dieser Konzeptualisierungsschritt mithilfe psychologischer Rahmentheorien dient primär dazu, das Nutzerinteraktionshandeln im Gebäude zu *verstehen*. Er ermöglicht jedoch noch nicht unmittelbar die rechnerische *Prognose* des Interaktionshandelns im Rahmen einer thermischen Gebäudesimulation. Dafür ist es erforderlich, diese Theorien, orientiert an den charakterisierenden Methoden der Gebäudesimulation, zu *systematisieren und ggf. umzuorganisieren* (für eine Erläuterung der Methodik der Gebäudesimulation siehe Abschnitt 1.3.2 auf Seite 8). Eine weitere Anforderung dieses Schrittes liegt darin, zu einer *mathematischen Operationalisierung* der relevanten Theorieelemente zu gelangen, diese anschließend in Quellcode zu überführen und diesen Quellcode in eine konkrete Software für die Gebäudesimulation zu integrieren. Dabei gilt für die Parameter dieser Rechenoperationen, dass sie im Rahmen der Gebäudeplanung auch verfügbar sein müssen.

Aus dem zentralen, allgemeinen Kritikpunkt - dem Mangel an Kontextberücksichtigung - können nun also *konkrete Defizite* abgeleitet werden, deren Beseitigung zugleich die *Bedingung* zur Verbesserung der Prognose des Nutzerhandelns in Gebäuden darstellt. Werden diese Defizite analytisch zusammengefasst, so ergeben sich für die bisherige Forschung folgende *grundlegende Defizittendenzen*:

Die bisherige Forschung weist ein *Vollständigkeitsdefizit* auf. Dabei zeigt sich dieses Defizit insbesondere durch die (weitestgehend) einseitige Berücksichtigung energetischer und teils materieller Umgebungsbedingungen zuungunsten anderer kontextueller Bedingungen.

Dieses Defizit steht in einem engen Zusammenhang mit dem *forschungssystematischen Defizit* bisheriger Forschung. Dies bezieht sich primär auf die nicht-systematische Auswahl der unabhängigen Variablen als Grundlage der Interaktionsmodelle. In keinem der gesichteten Forschungsergebnisse wird z.B. dargelegt, auf welche Art und Weise und warum die verwendeten unabhängigen Variablen ausgewählt wurden, sodass davon auszugehen ist, dass die Auswahl weitestgehend willkürlich erfolgte.

Dieses Defizit ist möglicherweise die Folge eines *methodologischen Defizits*. Die Methodenauswahl beschränkt sich einseitig auf Methoden aus dem Feld der Statistik und Stochastik und reduziert die Prognose somit auf die Darstellung *korrelativer* Zusammenhänge. Zwar werden punktuell Hypothesen für die *kausalen* Beziehungen zwischen den korrelativen Zusammenhängen diskutiert (insbesondere durch die Humphreys-Nicol-Gruppe), jedoch erfolgt auch dies nicht systematisch und führt daher nur zu einem mosaikhaften Bild. Die Konzeptualisierungstiefe der Untersuchungen und Modelle ist somit durchgehend gering.

Dieser Mangel lässt sich abschließend auf ein *forschungsstrategisches Defizit* zurückführen. Die Analyse des Interaktionshandelns eines Gebäudenutzers erfordert offensichtlich eine interdisziplinäre Betrachtung, um ausreichend erfolgreich zu sein. Dies betrifft insbesondere den Import psychologischer Betrachtungsweisen und -methoden. Der forschungsstrategische Gesamtrahmen bisheriger Forschung ist also zu eng gesetzt, sodass ein ausreichender Einordnungsrahmen für die Ergebnisse fehlt.

Dieses *grundlegende Defizitbild* - mit den Schwerpunkten Vollständigkeitsdefizit, forschungssystematisches Defizit, methodologisches Defizit und forschungsstrategisches Defizit - dient in dem nun folgenden Abschnitt 3.2 als systematischer Rahmen für die Re-Analyse der bisherigen Forschungsarbeiten. Anhand dieser Analyse sollen die bisher nur angedeuteten Defizittendenzen konkreter belegt und beschrieben werden. In Abschnitt 3.3 werden dann, vor dem Hintergrund dieser detaillierten Darstellung der Defizittendenzen, die allgemeine Zielrichtung dieser Forschung und die konkreten Zielstellungen und Methoden dieser Arbeit entwickelt.

3.2 Darstellung der grundlegenden Defizittendenzen der bisherigen Forschungsarbeiten

3.2.1 Vollständigkeitsdefizit

Die Kritik mangelnder Vollständigkeit bezieht sich insbesondere auf die Tatsache, dass in den Modellen primär energetische Umgebungsbedingungen als unabhängige Variablen berücksichtigt wurden und andere, potenziell handlungsmittelbestimmende Realitätskomponenten offenbar unterrepräsentiert sind. Dieser Abschnitt dient dazu, dieses Defizit exemplarisch zu belegen. Das heißt jedoch weder, dass eine Vollständigkeit in diesem Abschnitt erreicht, noch, dass bereits hier ein Verfahren zur Absicherung dieser Vollständigkeit entwickelt werden soll. Es soll lediglich anhand einer unvollständigen Aufführung von Beispielen untersucht werden, ob Vollständigkeitsdefizite vorliegen.

Dennoch soll das Vorgehen systematisch sein und nicht den Eindruck von Willkür erwecken. Da die bloße Betrachtung der Alltagsrealität bereits in ausreichendem Maß Hinweise auf mögliche Wirkungszusammenhänge gibt und diese Zusammenhänge nach der alltäglichen Erfahrung auch tatsächlich wirksam sind, wird an dieser Stelle auf die einfache Beschreibung von Alltagsrealität zurückgegriffen. Dies erfolgt in Form der Analyse einer episodenhaften und hypothetischen *Realitätsbeschreibung*.

In dieser Realitätsbeschreibung wird zum einen der Tagesablauf eines leitenden Angestellten eines Ingenieurbüros (Abschnitt 3.2.1.1) und zum anderen der Tagesablauf seiner Kinder in der Rolle als Schüler einer Ganztagschule (Abschnitt 3.2.1.2) beschrieben. Die Beschreibung erfolgt dabei aus der Position eines außenstehenden Beobachters und Erzählers. Die Zweiteilung ist absichtlich gewählt, um unterschiedliche kontextuelle Zusammenhänge darstellen zu können. Dabei fokussiert die Realitätsbeschreibung immer auf den Gegenstand dieser Arbeit, d.h. die potenziellen Einflussfaktoren für das Interaktionshandeln eines Nutzers in Gebäuden. Sie ist also projekthematisch „aufgeladen“, sodass Komponenten des Alltags, die in diesem Zusammenhang als irrelevant ausgeschlossen werden können, auch nur geringfügigen Eingang in die Erzählung finden. Diese Fokussierung ist der notwendigen Beschränkung des Umfangs der Realitätsbeschreibung geschuldet.

Um die Defizite in Bezug auf die Vollständigkeit zielgerichtet belegen zu können, werden aus dieser „Realitätsbeschreibung“ die projektspezifisch relevanten Realitätskomponenten extrahiert und einem *kategorialen Grobraster* zugeordnet (wie z.B. „energetische und materielle Umgebungsbedingungen“). Entlang dieses Grobrasters lässt sich dann die Vollständigkeit problemlos analysieren. Zur Vereinfachung werden diese Realitätskomponenten außerdem - dem identifizierten kategorialen Grobraster entsprechend - zusätzlich in eine Tabellenform übertragen (3.2.1.3). Diese Übertragung hilft insbesondere, das breite Spektrum kategorial unterschiedlicher Bedingungen für die Interaktionshandlungen des Nutzers in geordneter und damit übersichtlicher Form darzustellen. Aus dieser Übersicht wird erkennbar werden, dass neben den „energetischen Umgebungsbedingungen“, die in den bisherigen Modellen offenbar primär als unabhängige Variablen verwendet wurden, eine Reihe weiterer handlungsmittelbestimmender Realitätskomponenten existieren.

3.2.1.1 Realitätskomponenten, die im Tagesablauf eines leitenden Büroangestellten dessen Interaktionshandeln potenziell mitbestimmen

Der hypothetische Mitarbeiter ist männlich, 45 Jahre alt und Abteilungsleiter in einem Ingenieurbüro. Er hält sich im Regelfall während seiner Arbeitszeit in einem Büroraum auf und geht dort seinen typischen Tätigkeiten nach. Diese bestehen z.B. daraus, Texte am Computer zu verfassen oder Gespräche am Telefon zu führen. Der Raum, in dem er sich aufhält, befindet sich im 7. Stock eines Gebäudes in innerstädtischer, verkehrsreicher Lage Münchens. Es handelt sich dabei um einen Raum mit einer Grundfläche von 15 m², vorgesehen für ihn alleine, den der Mitarbeiter zu Beginn seiner Arbeit betritt und spätestens nach der Beendigung der Arbeit wieder verlässt. Zusätzlich gibt es noch andere Räume in dem Büro, sowohl Einzelbüro- als auch Gruppenbüroräume.

Die Arbeitszeiten hängen z.T. von den Gepflogenheiten und den momentanen Notwendigkeiten des Arbeitsplatzes und z.T. vom eigenen Ermessen des Angestellten ab. Allerdings existiert eine Vereinbarung über die Kernarbeitszeit, zu der jeder Mitarbeiter anwesend sein muss. Gelegentlich erscheint er auch nicht am Arbeits-

platz, da er auswärts Termine wahrnehmen muss oder sich im Urlaub befindet. Auch wenn er bei der Arbeit ist, sitzt er nicht permanent an seinem Schreibtisch in seinem Büroraum, sondern verlässt diesen gelegentlich. Anlass dafür sind Pausen, die Teilnahme an Besprechungen im Besprechungsraum nebenan (ein Raum mit Lüftungsanlage und ohne öffentbare Fenster), der Gang zur Toilette oder zum Kopierer im Sekretariat auf der anderen Seite des Flurs. Dieser Kopierer wurde kürzlich durch ein energieeffizientes Gerät mit weniger Stromverbrauch, weniger Abwärme und geringeren Ozonemissionen ausgetauscht. All dies folgt nicht unbedingt einem vorgegebenen Zeitplan, sondern dem momentanen Bedarf.

Der Mitarbeiter trägt i.d.R. Kleidung, welche seiner Tätigkeit angemessen ist. Im Gegensatz zu seiner früheren Anstellung, bei der er noch keine Führungsposition innehatte und sich daher eher leger kleiden durfte, wird jetzt - als Abteilungsleiter - von ihm sehr formale Kleidung, meist Anzug und Krawatte, erwartet. Für seine Mitarbeiter in der Abteilung ist jedoch weniger formale Kleidung zulässig. Dennoch, auch bei den hohen Temperaturen, die im Sommer im Büro dieses Mitarbeiters auftreten, ist das Tragen kurzer Hosen im Büro von der Geschäftsleitung nicht gewünscht.

Tatsächlich wird es dem Mitarbeiter im Sommer häufig zu warm in seinem Büroraum. Die Fassade des Raums ist nach Osten ausgerichtet, sodass die Sonne im Sommer bereits zu sehr frühen Stunden in den Raum scheint und diesen weit vor Arbeitsbeginn aufheizt. Da die Wände und die Decke aus dem typischen Leichtbau eines Bürogebäudes bestehen, werden diese Temperaturen nicht abgefedert und steigen rasch an. In Phasen kontinuierlicher Hitze denkt der Mitarbeiter jedoch daran, abends, beim Verlassen des Büros, den Sonnenschutz - der glücklicherweise sehr windbeständig ist und den Windkräften im 7. Stock standhält - herunterzuziehen und auch eines der Oberlichter zu öffnen. Den Sonnenschutz benutzt er außerdem, um Überblendungen auf seinem PC-Bildschirm zu reduzieren, die gelegentlich durch die Sonne auftreten. Außerhalb der Zeiten des ziemlich lauten Berufsverkehrs ist es auch problemlos möglich, die Fenster zu öffnen und dennoch telefonieren zu können. Eine Kühlanlage existiert jedoch in seinem Büroraum nicht.

3.2.1.2 Realitätskomponenten, die im Tagesablauf eines Schülers dessen Interaktionshandeln potenziell mitbestimmen

Die Kinder des Mitarbeiters - er hat Zwillinge, 12 Jahre alt, männlich und weiblich, beide gehen auf eine weiterführende Ganztagschule - brechen morgens mit dem Bus auf und fahren zur Schule, die in einem eher dörflichen Umfeld Münchens liegt. Der Stundenplan ihrer Schule schreibt beiden einen festen Zeitpunkt für das Erscheinen vor, weswegen beide nur in Ausnahmefällen - vielleicht weil sie krank oder weil Schulferien sind - diesen Bus nicht nehmen.

Der Tagesablauf der Schüler folgt klaren Zeitregeln, da sich der Stundenplan aus Schulstunden á 45 Minuten zusammensetzt, unterbrochen durch die 5-Minuten-, die 15-Minuten- oder die Mittagspause. Kleine Pausen dienen meistens dem Wechsel von einem Unterrichtsraum in den anderen oder einfach nur kurzen Unterbrechungen, während derer gespielt und entspannt werden kann. Während großer Pausen verlangt die Schulordnung jedoch das Verlassen des Schulgebäudes und den Aufenthalt auf dem Pausenhof.

Für die meisten Unterrichtsstunden gilt, dass die Schüler - die Schulklasse umfasst insgesamt 25 Schüler - dem Unterricht sitzend folgen. Der Lehrer gestaltet den Ablauf des Unterrichts und ist typischerweise auch derjenige, der während des Unterrichts die Fenster öffnet, wenn die Luftqualität innen schlecht ist, und es schließt, wenn es zu kalt wird (oder er fordert einen Schüler dazu auf). Er schaltet auch das Kunstlicht ein, wenn es im Raum zu dunkel wird. Natürlich können die Schüler den Lehrer darum bitten, das Fenster zu öffnen oder zu schließen oder den Sonnenschutz herabzuziehen, i.d.R. machen sie das jedoch nicht selbstständig.

Das Lüften über die Fenster ist ein umstrittenes Thema, da sich die Schule in unmittelbarer Nähe eines landwirtschaftlichen Betriebs befindet und die Geruchsbelastung auf der Seite der Unterrichtsräume bei geöffnetem Fenster und entsprechenden Windverhältnissen enorm ist. Aufgrund der vielen Schüler ist die Innenraumluft schnell verbraucht, sodass häufiges Lüften wichtig für die Konzentrationsfähigkeit der Schüler ist. Die Schulleitung denkt daher über die Installation einer zentralen, mechanischen Lüftungsanlage mit einer Zuluft auf

der weniger belasteten Seite der Schule nach. In diesem Zusammenhang wird auch über den Ersatz der alten, luftdurchlässigen Kastenfenster durch moderne Fenster diskutiert. Von beiden Maßnahmen verspricht sie sich eine Energieeinsparung, da die Lüftungsanlage mit einer Wärmerückgewinnung arbeiten soll und gleichzeitig unkontrollierte Lüftungsverluste im Winter durch die dichten Fenster reduziert werden können. Außerdem wird es im momentanen Zustand des Gebäudes, trotz aufgedrehter Heizung, im Winter häufig nicht „richtig warm“ im Klassenraum, vermutlich da die Wände des Altbaus (ein massiver, eingeschossiger Mauerwerksbau) nicht gedämmt sind. Eine Totalsanierung ist jedoch z.Z. nicht geplant.

Wenn den Schülern im Sommer „zu warm“ ist, können sie ihre Kleidung in einem weiten Rahmen spontan anpassen, oder planen, am kommenden Tag mit leichterer Kleidung - auch z.B. mit kurzer Hose - in die Schule zu gehen. Eine obligatorische Schuluniform ist durch die Schulbehörde nicht vorgesehen.

Neben den frontalen Unterrichtsstunden existieren auch Unterrichtsstunden, die formloser organisiert sind. In diesen Stunden - z.B. dem Werk- oder dem Kunstunterricht - ist der Sitzverband häufig aufgelöst, die Schüler arbeiten mit Werkzeugen oder Zeichenbrettern und haben mehr Möglichkeiten, autark zu handeln (z.B. die Fenster selber zu öffnen oder zu schließen). Sportunterricht unterscheidet sich noch einmal vollständig von dieser Art Unterricht. Zum einen betrifft dies die körperliche Aktivität der Schüler (mit hoher Abgabe von CO₂, Gerüchen und Wärme) und zum anderen die eingeschränkten Möglichkeiten, die Behaglichkeitsbedingungen zu regulieren (die Sporthalle wird zentral beheizt und belüftet).

3.2.1.3 Übersicht über die potenziell mitbestimmenden Realitätskomponenten

Die Tabelle 02 auf Seite 42 stellt den Fließtext der Abschnitte 3.2.1.1 und 3.2.1.2 in verkürzter und geordneter Form dar. Dafür wurden in der linken Spalte die Merkmalkategorien des beschriebenen Realitätsausschnitts aufgeführt (z.B. „Standort des Gebäudes“) und in den mittleren Spalten die entsprechende (beispielhafte) Merkmalsausprägung für die zwei betrachteten Situationen („München, innerstädtisch“ und „München, dörfliches Umfeld“). In der abschließenden rechten Spalte ist der potenzielle Einfluss dieser Merkmale auf das Interaktionshandeln beispielhaft dargestellt. Dieser Einfluss kann mittelbarer oder unmittelbarer Natur sein, in dem er z.B. die Vorbedingungen, die Ziele, die Randbedingungen oder auch die Durchführungsmöglichkeiten einer Handlung mitbestimmt.

Es ist anhand dieser Tabelle erkennbar, dass eine Vielzahl von „Realitätskomponenten“ das Potenzial aufweist, das Interaktionshandeln eines Gebäudenutzers mitzubestimmen. Offensichtlich lassen sich diese „Realitätskomponenten“ dabei relativ einfach einem vierteiligen Grobraster, bestehend aus den Bereichen „energetische und materielle Umgebungsbedingungen“, „gebäudespezifische Merkmale“, „individualspezifische Merkmale“ und „Merkmale überindividueller Nutzungssysteme“, zuordnen. Die Fülle der beispielhaften Merkmale in den vier Kategorialbereichen weist außerdem darauf hin, dass die messbaren Umgebungsgrößen, wie z.B. Wärme oder Licht, nicht unbedingt die dominant beeinflussenden Merkmale sind. Zusätzlich existieren eben auch in den drei anderen Kategorien potenziell einflussreiche Merkmale, die in den bisherigen Modellen unterrepräsentiert sind.

In welchem Umfang diese verschiedenen Kategorialbereiche in den Analysen der bisherigen Forschung bereits repräsentiert sind, wird in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt. Dabei gilt jedoch, dass die hier durchgeführte Zuordnung zu Kategorialbereichen für die Gesamtheit aller erwähnten Realitätskomponenten der verschiedenen Forschungsarbeiten erfolgt. Es werden also auch jene erwähnt, die in der gesichteten Literatur nur lose beschrieben oder als Hypothese formuliert auftauchen. Somit stellt diese Zusammenfassung eine sehr umfassende Übersicht derjenigen Realitätskomponenten dar, die von verschiedenen Autoren bisher als möglicherweise einflussreich betrachtet wurden. Diese Realitätskomponenten wurden jedoch im Einzelfall nicht zwingend systematisch organisiert bzw. untersucht. Darüber hinaus existiert zurzeit kein Modell, das die Gesamtheit dieser Komponenten in ihrer Summe betrachtet.

Tabelle 02

Aufteilung der beschriebenen „Realitätskomponenten“ der Abschnitte 3.2.1.1 und 3.2.1.2 in vier kategoriale Grundbereiche. Aus den Merkmalsausprägungen, die der „Realitätserzählung“ entnommen wurden, wurde auf Merkmalskategorien geschlossen und über deren potenziellen Einfluss auf das Interaktionshandeln spekuliert.

Merkmalsausprägung	Ausprägung Büro	Ausprägung Schule	Potenzieller Einfluss auf das Interaktionshandeln (z.B. durch Beeinflussung von Handlungsvorbedingungen, Handlungszielen und Handlungsoptionen)
Kategorialbereich 1: energetische und materielle Umgebungsbedingungen			
Wärme	sommerliche Überwärmung	winterliche Auskühlung über Nacht	Beseitigung unbehaglicher Temperaturen
Solarstrahlung/ Licht	potenzielle Blendquelle		Beseitigung der Störung der Arbeitsaufgabe
Schall	Verkehrslärm		Wiederherstellung der Konzentrationsfähigkeit
Wind	hohe Windlasten im 7. Stock	Wind aus Richtung des landwirtschaftlichen Betriebs	Schutz des Sonnenschutzes vor Zerstörung, Schutz vor unangenehmen Gerüchen im Innenraum
Gerüche, Luftqualität	Ozonemissionen des Kopierers	durch landwirtschaftlichen Betrieb, Luftqualität im Raum	Schutz vor unangenehmen Gerüchen im Innenraum
Kategorialbereich 2: gebäudespezifische Merkmale			
Lage des Gebäudes	München, innerstädtisch, an verkehrsreicher Straße gelegen	München, dörfliches Umfeld, landwirtschaftlicher Betrieb in der Umgebung	Einfluss auf Auftreten und Intensität von Immissionen (z.B. Solarstrahlung, Lärm, Geruch)
Lage des Raums	7. Stock, Ostausrichtung, zur Straße hin ausgerichtet	Eingeschossiger Bau, teils zu einem landwirtschaftlichen Betrieb hin ausgerichtet	Einfluss auf Auftreten und Intensität von Immissionen (z.B. Solarstrahlung, Lärm, Geruch)
Baumaterialien	leichter Innenausbau	Mauerwerksbau ohne Dämmung, undichte Fassade	Einfluss auf die Übertragung von Umgebungsbedingungen (z.B. Wärme, Strahlung, Schall), Einfluss auf den zeitlichen Verlauf der Raumbedingungen
Ausstattungs-elemente, Haustechnik	öffnbare Fenster + Sonnenschutz, teilweise mechanische Kühlung	öffnbare Fenster, zukünftig zentrale Lüftungsanlage in den Unterrichtsräumen, zentrale Heizanlage in der Sporthalle	Einfluss auf die Übertragung von Umgebungsbedingungen (z.B. Wärme, Strahlung, Schall), stellt Handlungsmöglichkeiten für das Individuum bereit
Kategorialbereich 3: Individualspezifische Merkmale			
Eigenschaften wie z.B. Geschlecht und Alter	männlich, 45 Jahre alt	männlich + weiblich, 12 Jahre alt	Einfluss auf die Bewertung der Raumbedingungen, Einfluss auf den Umgang mit Ausstattungsmerkmalen
Erfahrungen	morgendliches Aufheizen des Ostbüros	Abfolge heißer Tage	Ermöglicht Planung und Anpassung zukünftigen Verhaltens, z.B. Sonnenschutz herabziehen, andere Kleidung planen
Tätigkeit	Texte am Computer verfassen, Telefongespräche führen	dem Unterricht sitzend folgen, Teilnahme am Sportunterricht, Werken, Zeichnen, Spielen	führt zu spezifischen Bedürfnissen (Konzentration, angenehme Wärme), hindert an anderen (Interaktions-) Tätigkeiten
Kleidung	Tragen von Anzug + Krawatte, keine kurzen Hosen	Tragen kurzer Hosen	stellt Handlungsmöglichkeiten für das Individuum bereit, beeinflusst das Empfinden von Wärme
Kategorialbereich 4: Merkmale überindividueller Nutzungssysteme			
Nutzung des Gebäudes	Ingenieurbüro	Schule	Ausführung typischer Fächer an Tätigkeiten, Nutzung des Gebäudes durch typische Individuen
Gebäudetyp (Gebäude-teiltypen)	Bürogebäude (Büroraum, Besprechungsraum, Sekretariat)	Schulgebäude (allgemeiner Unterrichtsraum, Kunstraum, Sporthalle, Pausenhof)	Ausführung typischer Tätigkeiten
Typische Tätigkeits- und Aufgabenbereiche	Besprechungen, PC-Arbeiten, Telefonate	konzentriertes Lernen, Zuhören, Lesen, Schreiben, Werken, Sport treiben	Einfluss auf die Anforderungen an die Raumbedingungen, Einfluss auf die Stoffabgabe der Individuen (Wärme, CO ₂ , Gerüche), Bereitstellung typischer Arbeitsgeräte

Fortsetzung Tabelle 02

Merkmal	Ausprägung Büro	Ausprägung Schule	Potenzieller Einfluss auf das Interaktionshandeln (z.B. durch Beeinflussung von Handlungsvorbedingungen, Handlungszielen und Handlungsoptionen)
Typische Arbeitsgeräte	PC mit Bildschirm, Kopierer, Telefon	Unterrichtsmedien, Zeichengeräte, Sportgeräte, usw.	Einfluss auf die Abgabe von Umgebungsbedingungen (Wärme, Ozon), Einfluss auf die Anforderungen an die Raumbedingungen (z.B. Vermeiden von Überblendungen auf dem Bildschirm)
Positions- bzw. Hierarchiegefüge	Abteilungsleiter	Hierarchie unterschiedlich einflussreicher Personen: Schulbehörde - Schulleitung - Lehrer - Schüler	Zusammenhang zwischen Position und typischer Tätigkeit, Zusammenhang zwischen Position und Weisungsmöglichkeiten/ Autonomiemaß der Individuen (z.B. Regulation der Raumbedingungen, Strukturierung des Tagesablaufs)
Raumtyp	Einzelbüro mit geringer Personenbelegungsdichte	Klassenraum mit hoher Personenbelegungsdichte	Einfluss auf das Autonomiemaß der Individuen
Aufenthaltsdauer und -regelmäßigkeit	Gleitzeit mit Kernarbeitszeit, gelegentliche, unregelmäßige Abwesenheit, individuelle Urlaubszeiten	Fixierte Stundenpläne mit vorbestimmten Unterrichts- und Pausenzeiten, definierte Ferienzeiten	bestimmt Zeiträume, in denen Interaktionshandeln möglich ist, beeinflusst Expositionszeiträume
Kleidung	je nach Position, formal bis leger	leger, es sei denn, Schuluniformen werden eingeführt	stellt Handlungsmöglichkeiten für das Individuum bereit, beeinflusst das Empfinden von Wärme

3.2.1.4 Vollständigkeit in Bezug auf energetische und materielle Umgebungsbedingungen

In diesem Abschnitt wird die Vollständigkeit der bisherigen Arbeiten mit Bezug auf die Berücksichtigung der energetischen und materiellen Umgebungsbedingungen untersucht. In diesem Kategorialbereich werden diejenigen Umgebungsbedingungen zusammengefasst, die auf einer objektiven Skala messbar und somit nicht Gegenstand von Interpretationen im Sinne indexartiger Größen sind. Hierzu zählt also z.B. die Temperatur als eindeutig messbare Größe, nicht jedoch der PMV (Predicted Mean Vote) als zusammengesetzter Index.

Wie bereits oben erwähnt, besteht das Ziel in diesem Abschnitt nicht daraus, eine vollständige Liste zukünftig zu berücksichtigender Umgebungsbedingungen aufzustellen. Stattdessen soll durch Vergleich mit den Ergebnissen aus Tabelle 02 eine *Abschätzung* darüber getroffen werden, in welchem Maß die Umgebungsbedingungen in den bisher existierenden Modellen berücksichtigt werden und ob hier Vollständigkeitsdefizite erkennbar sind.

In der Beschreibung der Situation sowohl des Büromitarbeiters als auch seiner Kinder tauchen solche Größen in zahlreicher Form auf. In Tabelle 02 sind einige Formen davon und Beispiele für die Art ihres Einflusses auf das Interaktionshandeln genannt. In diesen Beispielen geht es offenbar primär darum, die Folgen des Auftretens bestimmter Umgebungsbedingungen zu mildern (z.B. Wiederherstellung der Konzentrationsfähigkeit).

Diese Größen treten ebenfalls in zahlreicher Form in den Modellen und empirischen Arbeiten zum Nutzerverhalten auf. Sie werden nachfolgend zusammenfassend aufgeführt.

Zu den energetischen Größen zählt die *Temperatur*. Sie wird in zahlreichen Modellen und Vorschriften als unabhängige Variable zur Vorhersage verschiedener Interaktionsmuster verwendet: mit Bezug auf die Nutzung der Heizung (z.B. [Norm DIN V 4108-6 2003], [Nicol 2001]), die Lüftung des Raums durch Fenster (z.B. [Norm DIN V 4108-6 2003], [Richtlinie Klima 2008], [Herke et al. 2005]), die Autoren um M.A.Humphreys und J.F.Nicol, [Haldi & Robinson 2009a]), den Bekleidungsgrad (z.B. [De Dear et al. 1997], [Haldi & Robinson 2008]), die Nutzung von Raumkühlungseinheiten (z.B. [Schweiker & Shukuya 2009]), Ventilatoren ([Nicol 2001]) und das Trinkverhalten (z.B. [Haldi & Robinson 2008]).

Eine weitere, in vielen Modellen verwendete energetische Größe ist die *Solarstrahlung*. Sie wird als unabhängige Variable herangezogen, um die Nutzung des Sonnenschutzes (z.B. [Newsham 1994], [Foster & Oreszczyn 2001], [Haldi & Robinson 2009b]) zu prognostizieren. Alternativ oder ergänzend wird auch nur der

sichtbare Bereich der Solarstrahlung, das *Tageslicht*, verwendet (z.B. [Sutter et al. 2006]). Die Größe Tageslicht wird jedoch vor allem verwendet, um das Interaktionsmuster mit Kunstlichtsystemen zu modellieren (z.B. [Hunt 1979], [Hunt 1980], [Moore et al. 2002], [Moore et al. 2003]).

Die *Windgeschwindigkeit* und die *Windrichtung* werden in Rahmen mancher Untersuchungen messtechnisch erfasst, jedoch finden diese Größen - offenbar aus Mangel an Signifikanz - keinen Eingang in die Modelle ([Haldi & Robinson 2009a] oder auch Arbeiten an der TU Wien durch [Mahdavi 2009]).

Aus der Gruppe der materiellen Größen wurden für die Entwicklung von Interaktionsmodellen gelegentlich die *relative Luftfeuchte* und der *Niederschlag* messtechnisch erfasst. Das Auftreten von Niederschlag stellte sich dabei in speziellen Situationen als geeigneter (Teil-) Prädiktor für die Nutzung des Fensters heraus (z.B. [Haldi & Robinson 2009a]). Das Auftreten von *Gerüchen*, anderen konvektiv übertragenen chemischen Substanzen oder *Lärm* wird zwar als Einflussquelle für das Interaktionsverhalten in Bezug auf Fenster erwähnt (z.B. [Humphreys et al. 2008], [Rijal et al. 2008b]), jedoch in keiner der Untersuchungen quantitativ in ein Vorhersagemodell integriert.

Somit wurden bisher primär die folgenden Größen als unabhängige Variablen für die rechnerische Prognose des Nutzerverhaltens berücksichtigt (in Klammern werden die Größen genannt, die zwar nicht numerisch eingehen, die aber in irgendeiner Form - qualitativ - mit untersucht wurden):

- *Energetische Größen: elektromagnetische Strahlung im Sinne von thermischer Solarstrahlung oder Licht, Lufttemperatur, (Lärm)*
- *Materielle Größen: Niederschlag, (Luftfeuchte, Gerüche, Wind)*

Dies zeigt, dass den energetischen und den materiellen Umgebungsgrößen offenbar eine wesentliche Rolle für die Vorhersage des Nutzerverhaltens zugeordnet wird. Auffallend ist jedoch der Anteil derjenigen Umgebungsbedingungen, die zwar in verschiedenen Veröffentlichungen genannt, jedoch nicht unmittelbar numerisch in die Modelle eingearbeitet wurden (Nennungen in den Klammern).

3.2.1.5 Vollständigkeit in Bezug auf gebäudespezifische Merkmale

Das Gebäude ist der unmittelbare Planungsgegenstand und die zentrale Größe in der dynamischen Gebäudesimulation. Seine Eigenschaften sind physikalisch unmissverständlich und objektiv darstellbar. In Tabelle 02 sind verschiedene Merkmale aufgeführt, die in den beispielhaften Realitätsbeschreibungen des leitenden Angestellten und seiner Kinder auftreten und ihr Handeln potenziell mitbestimmen. Dazu zählen z.B. die Lage des Gebäudes, die Lage des Raums, die Baumaterialien und die Ausstattungselemente des Gebäudes. Weisen Gebäude Unterschiede hinsichtlich dieser Gebäudemerkmale auf, so ist vermutlich mit unterschiedlichem, individuellen Interaktionshandeln zu rechnen.

Diese Gebäudemerkmale finden sich z.T. auch in den oben in Abschnitt 2 beschriebenen Modellen und Untersuchungen. In den wenigstens Fällen werden sie jedoch im Sinne von Typdifferenzierungen verwendet, sondern meistens lediglich als einleitende Fallbeschreibung.

In den meisten empirischen Untersuchungen wird z.B. die jeweilige *Lage des untersuchten Gebäudes* genannt, i.d.R. der Name der Stadt, in der das Gebäude steht. Eine weitere Differenzierung erfolgt jedoch selten, sodass kaum Rückschlüsse auf die Art der Umgebung (z.B. städtisch, dörflich, ländlich) und deren Charakter (z.B. bzgl. Lärmbelastung, Geruchsbelastung) möglich ist. Bei den Untersuchungen zur Verwendung des Sonnenschutzes werden z.T. Angaben über den *Abstand* zwischen der betrachteten Fassade und den *nächstgelegenen Gebäuden* gemacht, um sowohl die externe Verschattungssituation als auch das Maß der Privatheit zu charakterisieren. Einen expliziten Eingang in die Modelle findet die Lokalisierung jedoch nicht.

Der Konkretisierungsgrad der Angaben zur inneren *Struktur des Gebäudes* und zur *Lage der untersuchten Räume* in dem Gebäude variiert stark über die Untersuchungen. In den Metanalysen aus der Humphreys-Nicol-

Gruppe finden sich diesbezüglich keine Angaben, andere Autoren geben z.B. das *Geschoss* der untersuchten Räume an und dessen Auswirkung auf das Modell. Neben der Abhängigkeit des Fensternutzungsverhaltens vom Geschoss (z.B. in [Haldi & Robinson 2009a], möglicherweise beeinflusst vom Sicherheitsdenken) ist z.B. die Abhängigkeit der Sonnenschutznutzung vom Geschoss denkbar (z.B. in Abhängigkeit der äußeren Windgeschwindigkeit). Insbesondere im Fall von Untersuchungen zur Sonnenschutznutzung erfolgen Angaben zur *Ausrichtung* der entsprechenden Raumfassade. Jene Untersuchungen, welche die Sonnenschutznutzung von außen mittels Videoanalyse beobachten, umfassen zwar naturgemäß einen Großteil der Gebäudefassade, Differenzierungen hinsichtlich der Geschosse werden jedoch nicht erwähnt ([Foster & Oreszczyk 2001]).

Daten zu den *Raumgrößen* (z.B. Grundfläche, Raumhöhe, Verhältnis von Fassadenlänge zu Raumtiefe) sind praktisch nicht vorhanden und lassen sich bestenfalls implizit aus den Angaben zur Belegung ableiten (z.B. Einzelbüroraum, Zwei- bis Dreipersonenraum, usw.). Nur in Einzelfällen werden Angaben zur *typischen Grundrissstruktur* der Geschosse gemacht, obwohl ein Einfluss auf das Interaktionshandeln plausibel erscheint: Raumvolumen und Grundrissstruktur können die Raumbedingungen charakteristisch beeinflussen (z.B. Temperaturschichtung und -verteilung), sie bestimmen die Wege, die zurückgelegt werden müssen, um beispielsweise zum Fenster zu gelangen oder sie haben Einfluss auf die Einrichtung.

Konkrete und präzise Angaben zur *Materialität* sind in den hier dargestellten Untersuchungen praktisch nicht aufzufinden. Hierzu würden (u.a. und nur beispielsweise) Angaben zur *Speicherfähigkeit* des Gebäudes oder zu den *Reflexionseigenschaften des Innenausbaus* zählen. Von diesen Eigenschaften ist jedoch zu vermuten, dass sie indirekt das Verhalten des Nutzers beeinflussen, da sie z.B. den zeitlichen Verlauf der thermischen Raumbedingungen bestimmen und der Nutzer möglicherweise diese Zeitabhängigkeit bei seiner Interaktionshandlung einplant (z.B. indem er seine Handlung früher oder später durchführt). Außerdem ist es denkbar, dass die Reflexionseigenschaften der Wände sein Empfinden von Blendung beeinflussen (siehe z.B. [Sutter et al. 2006]).

Einen hohen Stellenwert nehmen in den verschiedenen Untersuchungen naturgemäß die fest installierten aber *veränderbaren Ausstattungselemente* der Gebäude ein. Insbesondere die Fenster und die Sonnenschutzvorrichtungen werden dabei hinsichtlich ihrer strukturellen Merkmale unterschieden. Der Detaillierungsgrad, mit dem diese Elemente beschrieben und differenziert werden, ist dabei deutlich höher als jener, mit dem andere gebäudespezifische Daten aufgeführt werden. Nachfolgend sind diese Differenzierungsmerkmale dargestellt. In den Untersuchungen werden diese Merkmalsausprägungen entweder als Unterscheidungskriterium in der Untersuchung selber verwendet oder sie werden von den jeweiligen Autoren als mögliche qualitative Erklärung für die starken Schwankungen ihrer Ergebnisse vermutet.

Als Differenzierungsmerkmale für den *Sonnenschutz* werden in den verschiedenen Modellen verwendet:

- *Bedienbarkeit im ergonomischen Sinne,*
- *Steuerung und Antrieb: Schalter vs. Fernbedienung bei motorischem Antrieb vs. rein manueller Antrieb*
- *Position relativ zum Fenster (innen- oder außenliegend)*
- *Sonnenschutztyp (Lamellensonnenschutz, Stoffbehang, Vorhang).*

Als Differenzierungsmerkmale für die *Fenster* werden in den verschiedenen Modellen verwendet:

- *Fensteranzahl und -größe,*
- *Flügelart,*
- *die Temperatur-Hysteresebreite bei Humphreys und Nicol wird als generalisierter Bedienaufwand interpretiert.*

Alle Elemente verfügen darüber hinaus über eine *Zustandsgröße*. Diese beinhaltet i.d.R. lediglich binäre Informationen, d.h. offen/ geschlossen oder Ähnliches. Die Ermittlung dieses Zustands ist der Kern aller Nutzermodelle.

Die Differenzierung wird i.d.R. beschreibend verwendet, jedoch nicht, um verschiedene Merkmalsausprägungen der Elemente tatsächlich mit verändertem Nutzerverhalten zu korrelieren (Untersuchungsergebnisse wie von [Sutter et al. 2006], die eine dreimal häufigere Nutzung des Sonnenschutzes mit Fernbedienung im Vergleich mit einem Sonnenschutz ohne Fernbedienung feststellen, sind die Ausnahme). Begriffe wie „Bedienbarkeit“ oder „Bedienaufwand“ werden so gut wie gar nicht konzeptualisiert und auch nicht mit gebäudespezifischen Kenngrößen des Gebäudes zumindest qualitativ in Verbindung gebracht (z.B. durch Analyse des Laufweges vom Arbeitsplatz zum Fenster, o.ä.).

Insbesondere in den Metaanalysen finden sich praktisch keine Angaben zu den *baukonstruktiven und bauphysikalischen Eigenschaften* der untersuchten Elemente. Dazu zählen z.B. Angaben zu den Strahlungsdaten von Sonnenschutzvorrichtungen und Verglasungen, Fenstergrößen und Flügelarten. Die Definition dieser Größen ist jedoch ein zentraler Teil der Gebäudeplanung und es ist zunächst nicht zu vermuten, dass diese Eigenschaften keinen Einfluss auf das Nutzerverhalten ausüben.

Zu den *haustechnischen Geräten*, deren Nutzung in den dargestellten Arbeiten untersucht wurde, zählt insbesondere das Kunstlicht. Einzelne andere Modelle beziehen sich auf haustechnische Anlagenteile, wie die mechanische Kühlung, die Heizung oder Ventilatoren.

In den Untersuchungen verwendete Differenzierungsmerkmale für *Kunstlicht* sind:

- *Art der Beleuchtung (z.B. Deckenbeleuchtung),*
- *Art des Zugriffs auf die Beleuchtung (z.B. manuelle Schalter, Infrarotfernbedienungen, Telefon),*
- *das Maß der Automatisierung (automatisches ein und/oder ausschalten zu Beginn/ Ende der Arbeitszeit oder vollständig manuelle Bedienung),*
- *die Regulierbarkeit der Lampenleistung, Dimmfähigkeit.*

Für die übrigen haustechnischen (Teil-) Anlagen, wie *Kühlung, Heizung, Ventilatoren*:

- *Zentralität (z.B. lokale vs. zentrale Kühlanlagen, lokale Ventilatoren), was die Differenzierung zwischen Gebäuden ohne Anlagentechnik und Gebäuden mit Anlagentechnik einschließt.*

Die Untersuchungen zur Verwendung von Kunstlicht reichen am weitesten in die Vergangenheit zurück, was eine mögliche Erklärung für den höheren Differenzierungsgrad in diesem Feld und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse ist. Konkrete Leistungsdaten haustechnischer Geräte z.B. werden jedoch nicht angegeben.

Übliche Räume verfügen über eine *Einrichtung*, welche die Funktion des Raums unterstützt. Ein typischer Büroraum verfügt beispielsweise über Mobiliar wie Tische, Regale und Schränke und zudem über „Werkzeuge“ wie z.B. PCs, Kopierer oder Drucker. Die Ausstattung des Raums mit Bildschirmen wird in verschiedenen Untersuchungen als relevant aufgeführt. Dies gilt insbesondere im Zusammenhang mit der Verwendung von Sonnenschutzvorrichtungen zur Vermeidung von Überblendungen auf Bildschirmoberflächen. An anderer Stelle wird die Büroeinrichtung mit ihrer Wirkung als Wärmequelle für den Raum in das Modell integriert. Eine konzeptuelle Integration in ein übergeordnetes System - z.B. als „typisches Werkzeug“ bestimmter Gebäudearten (Computer in Bürogebäuden, Maschinen in Industriehallen) - erfolgt jedoch nicht. Angaben zum Mobiliar existieren für die Modelle nicht, vermutlich, da sie im Rahmen der spezifischen Untersuchung als irrelevant angesehen wurden. Dennoch können Mobiliarelemente z.B. als Emittenten von Gerüchen oder Schadstoffen auftreten und sind daher nicht generell vernachlässigbar.

Diese zusammenfassende Auflistung zeigt, dass die gebäudespezifischen Merkmale bisher sehr inhomogen in die Modelle zur Vorhersage des Nutzerverhaltens aufgenommen wurden. Der Schwerpunkt lag dabei auf den Eigenschaften der Ausstattungselemente wie z.B. Fenster, Sonnenschutz oder Kunstlicht. Die Berücksichtigung erfolgte außerdem mit großen Unterschieden zwischen den einzelnen Modellen. In kein Modell wurden bisher alle, oder auch nur eine Mehrheit, der hier aufgeführten Merkmale gemeinsam integriert. Darüber hinaus wur-

den konkrete gebäudespezifische Merkmale nur in einem vergleichsweise geringen Maß als konkrete Prädiktoren genutzt und stattdessen viel häufiger lediglich für eine qualitative Einordnung des Gebäudes verwendet.

3.2.1.6 Vollständigkeit in Bezug auf individualspezifische Merkmale

Die Eigenschaften des Individuums sind vermutlich die am meisten beanspruchte Erklärung für die empirisch festgestellten Streuungen von Untersuchungsergebnissen. In der Mehrheit der Untersuchungen wird in diesem Zusammenhang regelmäßig auf „individualtypische Eigenschaften“ als Begründung hingewiesen. Um diese Streuung zu reduzieren, wird in einigen Modellen die Verwendung von „Nutzertypen“ vorgeschlagen oder tatsächlich definiert. Hierzu zählen „unterschiedlich mobile“ Nutzer (Anwesenheitsmodell von [Page et al. 2008]), „unterschiedlich aktive“ Nutzer (z.B. Fensternutzungsmodell von [Haldi & Robinson 2009a]) oder Nutzer, die ein bestimmtes Verhalten - aus welchen Gründen auch immer - vorziehen (z.B. im Lightswitch-Modell von [Reinhart 2004]). Diese Unterschiede im Verhalten werden jedoch nicht vor dem Hintergrund ihrer individuellen Eigenschaften analysiert, sondern sie entsprechen eher statistisch getrennten Teilbereichen einer Gesamtheit an Nutzern.

In der oben aufgeführten Tabelle 02 auf Seite 42 werden einige Realitätskomponenten aufgeführt, die Bezug auf das Individuum und seine Eigenschaften nehmen. Beispielhaft sind dort Geschlecht und Alter, spezifische Erfahrungen mit dem Gebäude und seinen Eigenschaften und die Kleidung des Individuums aufgeführt. Diese Eigenschaften kommen, teils explizit und teils implizit, in verschiedenen Modellen vor.

Verschiedene Individualmerkmale können als dauerhaft in Bezug auf die Zeitspanne der Gebäudesimulation betrachtet werden. [Love 1998] stellte z.B. eine Abhängigkeit des angestrebten Helligkeitsniveaus vom *Alter* und damit korrespondierende Unterschiede im Einschaltverhalten von Kunstlicht fest. Auf diese Art wird individuell unterschiedliches Verhalten durch ein individuelles Merkmal begründbar. Andere Autoren sind wiederum in der Lage, den Einfluss der *Herkunft* (z.B. Kulturkreis, Klimazone) auf das Verhalten statistisch zu belegen und auf der Basis dieser individuellen Eigenschaften die Prognosesicherheit ihrer Modelle zu erhöhen (z.B. [Schweiker & Shukuya 2009]). [Grabe & Winter 2008] konnten außerdem zeigen, dass hinsichtlich thermischer Präferenzen statistisch signifikante Unterschiede zwischen den *Geschlechtern* bestehen und dass diese ebenfalls mit dem Alter variieren.

Andere Eigenschaften von Nutzern sind nicht dauerhaft und können daher über bestimmte (kürzere oder längere) Zeiträume aufgrund gemachter Erfahrungen variieren. [Schweiker & Shukuya 2009] belegen beispielsweise den Einfluss, den die *persönliche Erfahrung* mit der Effizienz einer Kühlanlage auf die Häufigkeit der Verwendung hat. Gleichzeitig zeigen sie die positive Korrelation zwischen der verbal geäußerten *Präferenz* für die Verwendung von Kühlanlagen und der tatsächlichen Nutzungshäufigkeit. Andere Hinweise auf die Berücksichtigung des Einflusses von Erfahrung gibt die Verwendung der bereits oben angesprochenen, indexartigen Größen, die durch (gewichtete) Mittelwertbildung entstehen (z.B. mittlere, monatliche Außentemperatur oder die Dauer der vorangegangenen An- oder Abwesenheit als unabhängige Variable). Dies kann u.a. als Versuch aufgefasst werden, die Wirkung individueller Erfahrungen mit der Umwelt rechnerisch abzubilden.

Die Realitätsbeschreibung des Mitarbeiters und seiner Kinder umfasst zahlreiche individuelle *Tätigkeiten* und damit verbundene *Ziele*. Die Annahme ist plausibel, dass diese Tätigkeiten einen Einfluss auf die Interaktionshandlungen des Nutzers ausüben, indem sich daraus ein besonderes Bedürfnis ableitet oder die Interaktionshandlung dadurch gefördert oder behindert wird. Die Tätigkeit selber wird in den bisherigen Modellen jedoch lediglich implizit beschrieben, und zwar durch die Nennung des beobachteten Gebäudetyps. Es treten vermutlich typische Tätigkeiten von Büroarbeitern in Büroräumen, Schülern und Lehrern in Klassenräumen und Studenten in Studentenwohnheimen auf. Zusätzlich werden natürlich die explizit beobachteten Handlungen am Gebäude (Fenster öffnen, Heizung einschalten) oder an sich selber (Kleidung ändern, trinken) genannt. Es existiert jedoch in der analysierten Literatur keine Betrachtung der Frage, ob diese typischen Tätigkeiten Einfluss auf das Interaktionsverhalten des Gebäudenutzers haben. [Schweiker & Shukuya 2009] weisen allerdings implizit auf diesen Zusammenhang hin: Während der Schlafenszeit ist der Bewohner des untersuchten Studentenwohnheims

nicht in der Lage, die Kühleinheit zu bedienen. Das Schlafen - als typische Tätigkeit in diesem Zusammenhang - bindet das Individuum so stark, dass eine Interaktion nur im Sonderfall möglich ist. Bei ansonsten gleichen Bedingungen dürfte sich das Eingriffsverhalten außerhalb der Schlafenszeiten deutlich von den Untersuchungsergebnissen unterscheiden.

Auch die Interaktionshandlung des Nutzers verfolgt ein Ziel. In der überwiegenden Zahl der Veröffentlichungen - insbesondere jenen, die sich zunächst mit thermischen Belangen befassen - wird dieses mit dem Erlangen oder Bewahren *behaglicher Zustände* beschrieben. Andere Autoren - besonders diejenigen, die sich mit der Regulierung des Tageslichts durch einen Sonnen- oder Blendschutz oder mit der Verwendung von Kunstlicht befassen - beziehen sich häufiger auf eine Art *Funktionserhalt* der Arbeitsumgebung, indem sie den Einfluss von Blendung und Überblendung und die Versorgung mit Licht auf die Arbeitsbedingungen betrachten. Andere vermuten persönliche Aspekte wie die Wahrung der *Privatsphäre* hinter der Nutzung des Sonnenschutzes.

Auch in Bezug auf die individualtypischen Merkmale zeigt sich, dass - summarisch betrachtet - einige einflussreiche Eigenschaften des Individuums Eingang in die verschiedenen Betrachtungen und Modelle gefunden haben. Jedoch gilt auch hier, dass dies nur punktuell geschieht, dass also kein Modell existiert, das die hier aufgeführten Eigenschaften mehr oder minder vollständig integriert. Andere, vermutlich ebenfalls einflussreiche Individualmerkmale - wie z.B. die Tätigkeit des Individuums - werden gar nicht berücksichtigt.

3.2.1.7 Vollständigkeit in Bezug auf Merkmale überindividueller Nutzungssysteme

Es stimmt mit der alltäglichen Erfahrung überein, dass das Verhalten von Menschen nicht ausschließlich von ihren individuellen Eigenschaften, sondern ebenso von ihrer Integration in ein übergeordnetes, überindividuelles Nutzungssystem abhängt. Es ist außerdem eine plausible Annahme, dass diese Abhängigkeit auch diejenigen Arten von Handlung betrifft, die in dieser Arbeit relevant sind, konkret: die Eingriffe des Nutzers in die veränderbaren Anteile des Gebäudes, wie Fenster, Sonnenschutz, usw.

Die in Tabelle 02 auf Seite 42 unter dem Begriff „überindividuelle Merkmale“ zusammengefassten Realitätskomponenten werden offenbar zu einem wesentlichen Anteil durch das einbettende *Nutzungssystem* bestimmt. Dazu zählen beispielsweise die Parameter des *Aufenthalts* (Dauer, Regelmäßigkeit im Büro/ in der Schule), die typischerweise durchgeführte *Tätigkeit* und die damit einhergehende Notwendigkeit, bestimmte „*Werkzeuge*“ zu verwenden (Texte an einem PC schreiben, telefonieren mit einem Telefon, schreiben mit einem Bleistift, usw.) oder die *Position*, die Personen in dem sozialen Gefüge einnehmen können (Schüler - Lehrer, Chef - Angestellter).

Somit ist es berechtigt, bei diesen Merkmalen von den Merkmalen eines *überindividuellen Nutzungssystems* zu sprechen. Die individuelle Teilnahme an einem solchen Nutzungssystem führt dazu, dass bestimmte Entscheidungen nicht mehr alleine in Abhängigkeit von Wunsch und Willen des Individuums abhängen (z.B. in Bezug auf die Kleidung am Arbeitsplatz). Aus Sicht des Individuums zwingen überindividuelle Nutzungssysteme das Individuum also - mit einem systemspezifischen Maß - zu Konformität mit den systemtypischen Normen. Dies wird bildhaft, wenn man sich den leitenden Mitarbeiter nicht im Büro, sondern nach Feierabend in seiner Wohnung vorstellt und Mutmaßungen über die Unterschiede seiner Kleidung und seiner Beschäftigung anstellt. Offenbar sind hier Unterschiede zu verzeichnen, die vorrangig durch den Wechsel des überindividuellen Systems von „Büro“ zu „Wohnung“ bedingt sind.

Aspekte, die sich überindividuellen Systemen zuordnen lassen, kommen in der analysierten Literatur und in den Modellen zum Nutzerverhalten nur in äußerst geringem Umfang vor. Gleichzeitig zeigt die in Tabelle 02 auf Seite 42 unter „Merkmale überindividueller Nutzungssysteme“ dargestellte, vorläufige Sammlung jedoch einen recht großen Umfang potenziell beeinflussender Faktoren. Dies lässt die Vermutung zu, dass die Einführung dieses Bereichs von hohem Nutzen für die Prognosegenauigkeit eines Nutzermodells ist.

In den dargestellten Untersuchungen taucht eine begrenzte Anzahl unterschiedlicher Nutzungstypen auf, ohne dass diese jedoch explizit als Nutzungssysteme identifiziert werden. Der Fokus der Untersuchungen liegt dabei

auf Büronutzungen. Hier tauchen unterschiedliche, konkrete Nutzungen bzw. Teilnutzungen auf, wie z.B. Mitarbeiterbüros eines Universitätsgebäudes, von Forschungseinrichtungen oder ein Bürogebäude für internationale Organisationen. Teilweise unterscheiden sich diese Büroräume hinsichtlich ihrer Personenbelegung. Andere Autoren verwenden außerdem Daten von Bürogebäuden/-räumen unterschiedlicher Länder (verschiedene Länder in Europa, zusätzlich Pakistan). In keinem Fall werden diese Informationen jedoch für eine tiefere, inhaltliche Differenzierung der Untersuchungsergebnisse eingesetzt.

Die Untersuchung eines internationalen Studentenwohnheims von [Schweiker & Shukuya 2009] deutet jedoch auf die systematischen Unterschiede hin, die durch überindividuelle Nutzungssysteme auftreten können: Die Nutzungsart, die Nutzungszeiten und die daraus entstehenden Anforderungen an die Raumbedingungen und die sich ergebenden Verhaltensweisen der Bewohner des Wohnheims unterscheiden sich deutlich von jenen, die in anderen Untersuchungen für Büronutzungen beobachtet wurden. Als eine der wenigen vergleichenden Studien zeigen außerdem die Untersuchungen von [Hunt 1979] die konkrete Wirkung überindividueller Nutzungssysteme auf das Nutzerverhalten auf. Hunt verglich die Nutzung von Kunstlicht in einer Schule mit der Nutzung in einem Büro und stellte systematisch unterschiedliche Muster fest. Wurde das Licht bei der Büronutzung morgens angeschaltet, so wurde es über Tag i.d.R. nicht mehr abgeschaltet. Bei der Schule hingegen wurde das Licht in einem solchen Fall im Rhythmus der Unterrichtsstunden geschaltet, sodass es in der Summe zu einer geringeren Nutzungszeit kam (nach einem Nutzerwechsel wurde offenbar jedes Mal geprüft, ob die Tageslichtbedingungen ausreichend sind und nur bei Bedarf das Kunstlicht wieder zugeschaltet). Unterrichtslänge, Pausenzeiten, Raumwechsel u.Ä. sind Merkmale des Nutzungssystems „Schulunterricht“. Die Untersuchung von Hunt belegt somit - ohne dass es in der Untersuchung theoretisch konzeptualisiert wurde - dass von „überindividuellen Nutzungssystemen“ offenbar ein erheblicher Einfluss auf das Interaktionsverhalten des Nutzers und den Energieverbrauch des Gebäudes ausgeht.

Ein wichtiges Merkmal überindividueller Nutzungssysteme scheint die Verwendung nutzungstypischer „Werkzeuge“ zu sein. Es zeigt sich in verschiedenen Untersuchungen, dass typische Werkzeuge wiederum typische Bedingungen für ihre Nutzbarkeit erfordern und aus diesem Zusammenhang Einflüsse auf das Nutzerverhalten entstehen. Ein anschauliches Beispiel hierfür stellen die Untersuchungen von Überblendungen auf Monitoren von Bildschirmarbeitsplätzen dar (z.B. [Inkarojrit 2006], [Sutter et al. 2006]). Bildschirme sind ein typisches Arbeitsmittel im Büroumfeld (sie kommen sicherlich nicht nur dort vor, jedoch sind sie für diese Tätigkeit typisch). Nur dort, wo Bildschirme verwendet werden, wird sich die Verwendung von Sonnen- oder Blendschutz auch nach auftretenden Überblendungen auf dem Bildschirm richten. In einer Schulklasse - solange kein Computerunterricht stattfindet - stellen Monitor-Überblendungen kein Problem dar und somit ist alleine aus diesem Grund mit einem anderen Nutzerverhalten in Bezug auf den Sonnen- bzw. Blendschutz zu rechnen. Darüber hinaus erfordert eine Büronutzung üblicherweise die Verwendung elektrischer Geräte wie z.B. Computer, Fax- oder Kopiergeräte, deren Abwärme Einfluss auf die Innenraumbedingungen hat. Auch deren Verwendung ist typisch für das zugehörige überindividuelle Nutzungssystem „Büroumgebung“ und somit offenbar ein Unterscheidungsmerkmal für verschiedene Nutzungsarten. In der Literatur wird dies selten explizit erfasst (z.B. [Herkel et al. 2005]), nie jedoch in ein Konzept integriert. Auch hier hat offenbar bisher keine systematische Analyse in Bezug auf das Nutzerverhalten stattgefunden, obwohl ein Einfluss zu erwarten ist.

Ein wichtiger Aspekt überindividueller Nutzungssysteme, der zugleich häufig und intensiv in der Literatur behandelt wird, ist der Aspekt der *Anwesenheit*. Die Anwesenheit des Nutzers variiert hinsichtlich verschiedener Eigenschaften typischerweise mit der Art des Nutzungssystems. Dies betrifft sowohl die *An- und Abwesenheitszeiten* als auch die *Regelmäßigkeit*, mit der sie eingehalten werden (z.B. die Gleitarbeitszeiten des leitenden Angestellten im Vergleich mit dem fixierten Stundenplan seiner Kinder). Auch hier ist bei der Entwicklung der Anwesenheitsmodelle in der Literatur keine systematische Differenzierung vorzufinden. Tatsächlich wird verschiedentlich die Allgemeingültigkeit des Modellansatzes beansprucht, was bei einem Vergleich der Beispiele „Büroumgebung“, „Studentenwohnheim“ und „Schule“ offenbar nicht einleuchtend ist.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass die Merkmale überindividueller Nutzungssysteme bisher bestenfalls implizit, keinesfalls jedoch zielgerichtet in die Prognosemodelle für das Nutzerverhalten

integriert wurden. Eine Reihe von Merkmalen des Individuums, des Gebäudes und auch der Umgebungsbedingungen, die direkt für das Interaktionshandeln wirksam sind, werden jedoch durch überindividuelle Nutzungssysteme mitbestimmt. Deren Berücksichtigung lässt also eine eindeutige Verbesserung und höhere Allgemeingültigkeit eines Handlungsmodells erwarten.

3.2.2 Forschungssystematisches Defizit

Neben dem zuvor dargestellten Vollständigkeitsdefizit wurde in der Einleitung ein forschungssystematisches Defizit angesprochen. Dieses Defizit bezieht sich primär auf den Umstand, dass in keinem der in Abschnitt 2 dargestellten Modelle darauf hingewiesen wird, mittels welcher *Systematik* die *Auswahl* der unabhängigen Variablen erfolgte. Lediglich der Ausschluss einiger Variablen wird im Laufe der Modellbildung mit mangelnder statistischer Signifikanz begründet. Dies führt zu der Vermutung, dass die Auswahl weitestgehend willkürlich durchgeführt wurde. In Abschnitt 3.2.1 wurde außerdem dargestellt, dass innerhalb der vier aufgestellten Kategorialbereiche vergleichsweise viele Merkmale identifizierbar sind, von denen aufgrund plausibler Überlegungen ein Einfluss auf das Nutzerverhalten zu erwarten ist, die jedoch in den bisherigen Nutzermodellen nicht oder nur vereinzelt auftreten. Dieser Schluss war auf der Basis einer relativ einfachen Systematik - einer Realitätsbeschreibung von zwei unterschiedlichen Tagesabläufen und deren Analyse - möglich. Dieser Mangel an adäquater Auswahlmethodik in der bisherigen Forschung hat also offenbar zur Folge, dass verschiedene relevante - d.h. handlungsmitbestimmende - Merkmale nicht identifiziert wurden. Daraus folgt wiederum die geringe *allgemeine* Prognosekraft der Modelle.

Dieses forschungssystematische Defizit lässt sich auch feststellen, wenn anstelle aller vier Kategorialbereiche lediglich der Kategorialbereich „Umgebungsbedingungen“ betrachtet wird. In der Mehrheit der Untersuchungen wurden beispielsweise diejenigen Umgebungsbedingungen messtechnisch erfasst, die in der unmittelbaren Umgebung des Nutzers potenziell wirksam werden können (z.B. Innenraum-Umgebungstemperatur am Arbeitsplatz). Ergänzend wurden Außen-Umgebungsbedingungen betrachtet (z.B. die Außentemperatur), von denen - intuitiv vermutet oder auch statistisch belegt - eine Wirkung auf das Nutzerverhalten ausgeht. Diese Berücksichtigung von Außendaten ist plausibel, da sich der Nutzer zwar naturgemäß im Inneren des Gebäudes aufhält, jedoch im Rahmen seines Tagesverlaufs ebenfalls Außenbedingungen erlebt und ihm diese Größen möglicherweise mittelbar als Erfahrung zur Verfügung stehen. Jedoch werden in vielen Untersuchungen und Modellen unzulässigerweise Außengrößen *stellvertretend* für eigentlich erst im Inneren wirksame Größen herangezogen. Dabei werden also Außentemperaturen verwendet, um das Fensterbedienverhalten zu prognostizieren (z.B. [Pfafferott & Herkel 2007], [Haldi & Robinson 2009a]) oder die Solarstrahlung auf der Außenseite der Fassade wird herangezogen, um die Nutzung des Sonnenschutzes zu bestimmen (z.B. [Newsham 1994], [Richtlinie Klima 2008]). Ein solches Modell für die Nutzung des Sonnenschutzes wäre demnach unabhängig vom solaren Transmissionsgrad der Verglasung, sodass sowohl für ein Sonnenschutzglas als auch für ein unbeschichtetes Glas ein identisches Nutzerverhalten vorhergesagt werden würde. Da es eben die Aufgabe der Gebäudehülle ist, Umgebungsgrößen, die außen auftreten, durch seine Eigenschaften zu modifizieren, bevor sie in den Innenraum gelangen, wird die Qualität der Gebäudehülle bei einem solchen Vorgehen vollständig ausgeklammert. Die Folge dieser unsystematischen Auswahl der unabhängigen Variablen besteht offenbar in falschen Prognosen des Nutzerverhaltens und in der Konsequenz in fehlerhaften Planungsentscheidungen.

3.2.3 Methodologisches Defizit

Bei der Entwicklung von Vorhersagemodellen jedweder Art lassen sich grundsätzlich zwei verschiedene Methoden unterscheiden: Entweder es handelt sich um Methoden zur Ermittlung *korrelativer* Zusammenhänge oder es handelt sich um Methoden zur Ermittlung *kausaler* Zusammenhänge. In der praktischen Anwendung lassen sich diese Methoden zwar auch mischen, die grundsätzliche Unterscheidung dieser beiden Methoden bleibt davon jedoch unberührt.

In den bisherigen Modellen für die Prognose des Nutzerverhaltens sind ausschließlich korrelative Verfahren zur Anwendung gekommen. Aus korrelativen Zusammenhängen lassen sich kausale Zusammenhänge jedoch

nicht eindeutig ableiten. Bestenfalls verengen sie den Interpretationsspielraum für die beobachteten Ereignisse und ermöglichen damit das Aufstellen loser Kausalhypothesen. Ein Beispiel hierfür sind die Untersuchungen aus der Humphreys-Nicol-Gruppe (siehe z.B. [Rijal et al. 2012]): Die Autoren stellten die bereits in Abschnitt 2.4 auf Seite 27 beschriebene Streuung derjenigen Temperaturen fest, bei denen sich das Fenster eines Raums im geöffneten Zustand befindet. Die Kausalhypothese, die auf Basis dieses statistischen Ergebnisses aufgestellt wurde, besteht daraus, dass zwei getrennte „Triggertemperaturen“ existieren - eine triggert das Öffnen, die andere triggert das Schließen des Fensters - zwischen denen ein Temperatur-„Deadband“ liegt, welches als „comfort zone“ beschrieben wird. Zwischen den „Triggertemperaturen“ einerseits und der „optimalen Temperatur“ (innerhalb der „comfort zone“) andererseits liegt also jeweils ein Abstand auf der Temperaturachse. Diese Abweichung der „Triggertemperaturen“ von der „optimalen Temperatur“ wird als „constraint“ interpretiert, also generell als das Auftreten von Umständen, die das Eingreifen des Individuums verzögern. Hierbei kann es sich z.B. um den bloßen Aufwand handeln, den das Individuum für den Eingriff betreiben muss.

Diese Interpretation der statistisch aufbereiteten Beobachtungsergebnisse ist naheliegend, da sie in ihrer Allgemeinheit mit der Alltagserfahrung übereinstimmt. Insofern handelt es sich bei dieser Dateninterpretation vermutlich um eine zutreffende Hypothese. Die weitere Modellentwicklung der Autoren zeigt jedoch auch, dass der Hypothesenbildung Grenzen gesetzt sind und die Gefahr von Fehl- bzw. Überinterpretationen besteht. Unter „constraint“ wird nämlich im weiteren Verlauf der Modellentwicklung alles zusammengefasst, was den Nutzer in irgendeiner Form motivieren oder demotivieren könnte, mit dem Gebäude zu interagieren. Darunter fallen so heterogene Aspekte wie die Geruchs- oder die Lärmbelastung außen, die Luftqualität im Innenraum, die physische Erreichbarkeit des Fensters für den Nutzer oder die Kosten für den Betrieb einer Heizung. Insbesondere vor dem Hintergrund dieser Heterogenität bleibt dieser Begriff viel zu vage und damit ohne anwendbaren Bezug zu realen Planungsgrößen. Hier zeigt sich deutlich, dass dem *Verstehen* des Interaktionshandelns eines Gebäudenutzers ohne konzeptuellen Unterbau enge Grenzen gesetzt sind.

In der bisherigen Forschung wurden unterschiedliche korrelative Verfahren für die Modellbildung verwendet. Mit der Art und der Qualität dieser korrelativen Verfahren ändern sich gleichzeitig die Möglichkeiten, zutreffende Kausalhypothesen aufzustellen. Bereits innerhalb der korrelativen Verfahren lassen sich also methodische Defizite unterschiedlichen Gewichts beschreiben. Der nachfolgende Abschnitt 3.2.3.1 fasst diese Methoden aus dieser Perspektive zusammen. Andererseits kann die Verwendung korrelativer Verfahren generell als ein methodisches Defizit betrachtet werden, da diese Methoden eben über keinen konzeptuellen Unterbau verfügen. Sie ermöglichen damit keinen Zugang zum Verständnis der kausalen Zusammenhänge und verhindern somit eine wirksame Einflussnahme auf reales Nutzerverhalten. Die konzeptuelle Methode, die auf das Verständnis kausaler Zusammenhänge abzielt und im Rahmen dieser Arbeit verfolgt wird, wird in Abschnitt 3.2.3.2 dargestellt.

3.2.3.1 Methodologische Defizite korrelativer Verfahren

Die Analyse der methodischen Defizite der korrelativen Verfahren hängt eng mit dem bereits in Abschnitt 3.2.1 auf Seite 39 analysierten Vollständigkeitsdefizit zusammen, geht jedoch inhaltlich darüber hinaus. So ist die Güte eines statistischen Verfahrens von der Güte der verwendeten unabhängigen Variablen abhängig. Besteht ein Vollständigkeitsdefizit bezüglich dieser unabhängigen Variablen, so kann das Verfahren nicht erfolgreich sein. Korrelative Verfahren sind jedoch - je nach Art des Verfahrens - nicht nur in der Lage, den direkten Zusammenhang zwischen den unabhängigen Eingangsvariablen und den abhängigen Ereignissen abzubilden. Zusätzlich ist es möglich, Interrelationen zwischen den Eingangsvariablen darzustellen. Je vielfältiger die Möglichkeiten dafür sind, umso so eher gelingt es auch, den Kontext der Handlung statistisch zu erfassen. In diesem Zusammenhang kann Kontext also in seinem unmittelbaren Sinn als „Verflechtung“ verstanden werden.

Dieser Abschnitt zielt also auf die Analyse der Komplexität der verschiedenen, bisher verwendeten statistischen Verfahren ab. Es wird dabei davon ausgegangen, dass der Kontext einer Handlung umso besser erfasst wird, je präziser statistische Interrelationen dargestellt werden können und dass dafür ein hoher *Komplexitätsgrad* des Verfahrens erforderlich ist. Im Umkehrschluss gilt dann, dass Verfahren mit geringem Komplexitätsgrad nicht in der Lage sind, vielfältige Interrelationen und damit den Kontext einer Handlung abzubilden.

Einige der analysierten Untersuchungen beschränken sich auf *einfache* Korrelationen zwischen einzelnen Größen. Sie gehen dabei in ihrer Grundannahme davon aus, dass die abhängige Variable ausschließlich oder dominant von einer einzigen unabhängigen Größe abhängt. In diesen Darstellungen hängt die Sonnenschutzverwendung ausschließlich von der Solarintensität ab (z.B. [Newsham 1994]), die Anwesenheit hängt von der Tageszeit ab (z.B. [Pfafferott & Herkel 2007]) oder die Nutzung der Heizung von der vorliegenden Außentemperatur (z.B. [Nicol 2001]).

Die Mehrzahl der Untersuchungen beschränkt sich jedoch nicht auf einfache Korrelationen, sondern verwendet *multivariate* Korrelationsanalysen. Hierbei wird eine mehr oder weniger beliebige Anzahl an unabhängigen Variablen einbezogen, für die eine gegenseitige Abhängigkeit *und* eine Auswirkung auf die abhängige Variable vermutet wird, und hinsichtlich ihrer Signifikanz beurteilt. Die Komplexität der Modelle skaliert sich mit der Anzahl der berücksichtigten unabhängigen Variablen. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass Ereignisse keine singulären, sondern vielfältige Ursachen haben. Einfache Korrelationsverfahren sind demnach - selbst wenn sie einen komplexeren Index als unabhängige Variable verwenden - multivariaten Korrelationsanalysen systematisch unterlegen.

Auch multivariate Korrelationsanalysen lassen sich jedoch systematisch unterscheiden, wenn die untersuchten Variablen definierten Variablengruppen zugeordnet werden. Eine mögliche Zuordnung von Variablen zu Gruppen kann z.B. auf der Basis menschlicher Sinnesmodalitäten erfolgen. Werden beispielsweise bei Modellen für das Fensterbedienverhalten lediglich diejenigen unabhängigen Variablen berücksichtigt, die das Temperaturempfinden des Menschen betreffen und dabei Variablen außer Acht gelassen, die den akustischen und/ oder den olfaktorischen Sinn betreffen, dann verfügt das Modell über eine geringere als die mögliche/ notwendige Komplexität. In diesem Zusammenhang hatte die Betrachtung der Vollständigkeit der energetischen und materiellen Umgebungsbedingungen in Abschnitt 3.2.1.4 auf Seite 43 bereits gezeigt, dass Geruch und Lärm bisher lediglich qualitativ berücksichtigt, jedoch nicht numerisch in die Modelle integriert wurden.

Wie bereits oben anhand der vier entwickelten Kategorialbereiche demonstriert, können sich die unabhängigen Variablen nicht alleine auf materielle und energetische Umgebungsbedingungen beschränken. Es existiert offenbar eine Vielzahl weiterer Aspekte, deren Einfluss nicht vernachlässigbar ist. Die meisten Studien verweisen - wie eingangs beschrieben - auf „kontextuelle Zusammenhänge“ und vermuten von deren Analyse und Integration in die Verfahren eine Prognoseverbesserung. Die Integration nichtenergetischer und nichtmaterieller Größen findet jedoch bestenfalls partiell statt. D.h., sie werden z.T. als zusätzliche Variablen in die Korrelationsanalysen aufgenommen (z.B. das Geschoss bei [Haldi & Robinson 2009a], das Alter bei [Love 1998] oder die Arbeitsaufgabe bei [Moore et al. 2002] und [Moore et al. 2003]). Trotz dieser teilweisen Integration erweist es sich i.d.R. dennoch als notwendig, Hilfsmodelle für „spezielle Situationen“ zu integrieren, da die Hauptmodelle strukturell nicht in der Lage sind, das Verhalten konsistent abzubilden. Dies bezieht sich z.B. auf das Verhalten bei Betreten und Verlassen des untersuchten Raums (z.B. [Haldi & Robinson 2009a]).

Auch die Berücksichtigung des *zeitlichen Ablaufs* kann im Sinne einer Interrelation verstanden werden. Diese korreliert dann Ereignisse der Vergangenheit (näherungsweise stellvertretend für die individuelle Eigenschaft „Erfahrung“), der Gegenwart und der Zukunft (möglicherweise stellvertretend für Planungen des Individuums). In welchem Umfang diese Art Interrelation berücksichtigt werden kann, hängt von den verwendeten Verfahren ab. Als stochastische Modelle werden in den untersuchten Verfahren mindestens drei unterschiedliche Verfahren verwendet, die sich hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Berücksichtigung zeitlicher Abläufe unterscheiden: *Probitanalysen* führen zu einer Wahrscheinlichkeitsverteilung für den *Zustand* während des Simulationszeitschritts (z.B. [Rijal et al. 2012]), *Markov-Ketten* geben eine Wahrscheinlichkeit für den *Zustandswechsel* im Übergang zum nächsten Zeitschritt an (z.B. [Page et al. 2008], [Haldi & Robinson 2009b]) und *Zeitereignisfunktionen* berechnen das Zeitintervall, während dessen der *Zustand unverändert* bleibt (z.B. [Haldi & Robinson 2009a]). Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich also hinsichtlich der Art der Prognose, ihnen ist jedoch gemeinsam, dass sie *geschichtslos* sind. Sie führen ihre Prognose also auf der Basis momentaner Werte durch und können weiter zurückliegende Zustände nicht explizit berücksichtigen. Dabei handelt es sich um eine grundsätzliche, aus der Methodik entstehende Einschränkung der Modelle, die z.T. ausgeglichen wird, indem über einen bestimmten Zeitraum gemittelte Werte verwendet werden (z.B. mittlere Außentemperatur).

3.2.3.2 Verwendung korrelativer Methoden als methodologisches Defizit

Die Verwendung rein korrelativer Methoden kann grundsätzlich als ein methodologisches Defizit aufgefasst werden, da mit diesen Methoden systematische Limitierungen einhergehen. Diese sollen nachfolgend umrissen werden.

Korrelative Verfahren fragen in erster Linie nach dem quantitativen „Wie“ und nicht nach dem qualitativen „Warum“. Grundlegende, inhaltliche Informationen über die Voraussetzungen, die Durchführung und die Folgen individueller Interaktionshandlungen können damit nur unzureichend - nämlich lediglich durch Deutung des Beobachteten - erlangt werden. Diese Abgrenzung zwischen korrelativen und kausalen Modellen wurde eingangsbereits anhand der Entwicklung des Begriffs „constraint“ in der Humphreys-Nicol-Gruppe beispielhaft durchgeführt.

Das prinzipielle Vorgehen bei korrelativen Verfahren - d.h. die Durchführung quantitativer Messungen, Korrelationsanalysen der Daten und darauf folgend Interpretationsversuche - führt zu verschiedenen systematischen Konsequenzen, die relevant für die Weiterentwicklung und die Anwendung solcher Modelle ist:

Zunächst einmal ist der Umfang der experimentell abdeckbaren Rand- und Vorbedingungen aufgrund begrenzter Zeit- und Materialressourcen eng limitiert. Dies zeigt sich sehr deutlich bei den referierten Forschungsarbeiten, bei denen mit einem enormen Aufwand und teils über Jahre hinweg messtechnische Beobachtungen durchgeführt wurden, und die dennoch lediglich einzelne Räume, eine begrenzte Anzahl an Umgebungsbedingungen und wenige Individuen untersuchen konnten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen können jedoch - mit der notwendigen Sicherheit - lediglich auf die im Rahmen der Modellentwicklung beobachteten Bedingungen angewendet werden. Bereits eine Übertragung auf andere Gebäude ist offenbar nicht möglich. Ohne Kenntnis der *kausalen* Zusammenhänge (im Gegensatz zu den korrelativen Zusammenhängen) lassen sich diese Modelle also nicht auf andere Randbedingungen extrapolieren. Es liegen demnach in großem Umfang denkbare reale Konstellationen vor, für welche die Gültigkeit der existierenden Modelle nicht gegeben ist. Diese Einschränkung ist besonders folgenreich, wenn das Planungsziel darin besteht, ein alternatives, innovatives Energie- und Nutzungskonzept für ein Gebäude zu entwickeln.

Darüber hinaus können nur jene Zusammenhänge interpretiert werden, die auch aktiv und bewusst beobachtet wurden. Sofern die Interpretationsfelder jedoch keine zufälligen Produkte sein sollen, müssen die Zusammenhänge hinsichtlich ihrer qualitativen Kausalität im Vorfeld bekannt sein bzw. ihre Existenz zumindest vermutet werden können. Dies setzt zum einen wiederum voraus, dass relevante unabhängige Variablen nicht übersehen wurden und zum anderen, dass ein ausreichend tiefer konzeptueller Unterbau als Basis für die Interpretationen existiert.

Schließlich wird es auf lange Sicht nicht allein darum gehen, Nutzerverhalten zu verstehen und zu prognostizieren, sondern es wird ebenso wichtig sein, Nutzerverhalten im Sinne eines energieverantwortlichen Handelns zu beeinflussen. Es liegt jedoch auf der Hand, dass eine Beeinflussung des Nutzers nur vor dem Hintergrund eines soliden Verständnisses der kausalen Zusammenhänge gelingen kann, sodass korrelative Modelle zunehmend an Bedeutung verlieren werden.

Abgesehen von diesen drei grundsätzlichen und prinzipiellen Vorteilen der konzeptuellen Verfahren gegenüber korrelativen Verfahren, führt der Mangel an Konzeptualisierungstiefe in den bisherigen Modellen verschiedentlich zu einer unklaren Trennung der vier Kategorialbereiche. Eine klare und begründbare Trennung der Kategorialbereiche und darüber hinaus eine klare Definition der jeweiligen Interrelationen zwischen diesen Bereichen (interpretierbar als „Kontext“) ist jedoch eine unabdingbare Voraussetzung für das Verständnis der kausalen Zusammenhänge. So werden die Messgrößen in verschiedenen Untersuchungen durch Kombination und/ oder Umrechnung zu *indexartigen Größen* umgeformt. Beispielsweise wird im thermischen Bereich häufig die *operative Raumtemperatur* als Mischgröße der Lufttemperatur und der langwelligen Strahlung verwendet. Eine weitere thermische Größe ist die sogenannte „*Komforttemperatur*“, welche in der Humphreys-Nicol-Gruppe verwendet wird (bzw. Abweichungen davon). Auch gemessene Leuchtdichten werden in Teilen der Modelle in *Blendungsindizes* umgerechnet. Eine spezielle Art der Indexbildung ist die *Mittelung* - insbesondere der Temperatur - über

die Zeit. Einige Modelle arbeiten mit der mittleren Temperatur über den zurückliegenden Tag, andere mit der über mehrere Tage gemittelten Temperatur. Sehr häufig findet man auch die Korrelation mit der mittleren, monatlichen Außentemperatur. Dieser Indexbildung liegt vermutlich die folgende Überlegung zugrunde: Die Wahrnehmung und Bewertung der Umgebung ist ein individueller Prozess, der jedoch durch extra-individuelle Größen mit beeinflusst wird. Nicht in jeder Situation werden also vergleichbare Umgebungsbedingungen auf die gleiche Art wahrgenommen und schon gar nicht immer gleich bewertet. Dieser Prozess wird also durch kontextuelle Randbedingungen modifiziert und vor diesem Hintergrund ist die zuvor dargestellte Indexbildung in den verschiedenen Modellen nachvollziehbar. Durch diese Art Indexbildung findet jedoch eine *kategoriale Durchmischung* statt. Dabei werden objektiv messbare Umgebungsbedingungen mit individualtypischen Eigenschaften des Nutzers vermengt. Hierzu zählen sowohl Aspekte der *Wahrnehmung* und *Bewertung* als auch Aspekte von *Erfahrung* und *Planung*, die durch die Indexbildung angenähert werden sollen. In keinem der Modelle folgt die Auswahl und Verarbeitung dieser Größen jedoch auf der Basis eines konzeptuellen Unterbaus, aus dem die Notwendigkeit, diese Größen zu erfassen, abgeleitet wird. Die Kriterien der Auswahl werden in den meisten Fällen nicht benannt und die Auswahl scheint im Wesentlichen auf der Basis statistischer Signifikanz zu erfolgen.

Eine kategoriale Durchmischung lässt sich auch an anderer Stelle vermuten. Verschiedene Autoren definieren z.B. „Typnutzer“, um die Varianz ihrer Ergebnisse zu erklären. So legen [Page et al. 2008] Typnutzer unterschiedlicher Mobilität für ihr Modell der Nutzeranwesenheit fest, während [Reinhart 2004] vier unterschiedliche Typnutzer für die Nutzung des Kunstlichts definiert. Die Bandbreite des beobachteten Verhaltens individuellen Merkmalen (nicht näher definierter Art) zuzuordnen, ist auch hier zunächst naheliegend. Dieser Schritt ignoriert jedoch den potenziellen Einfluss überindividueller Nutzungssysteme auf das Handeln. Nehmen verschiedene Individuen an einem speziellen überindividuellen Nutzungssystem teil, so lässt sich beobachten, dass sich die *interindividuellen* Unterschiede im Handeln reduzieren. Größere Unterschiede lassen sich *intraindividuell* durch die Teilnahme an unterschiedlichen überindividuellen Nutzungssystemen feststellen ([Barker 1968]). So können also unterschiedliche Nutzeranwesenheiten oder unterschiedliche Ausprägungen bei der Verwendung des Kunstlichtes auch durch den Einfluss des überindividuellen Nutzungssystems hervorgerufen werden. Es ist z.B. denkbar, dass die Position innerhalb eines Nutzungssystems Einfluss auf die Arbeitszeit nimmt (z.B. feste Arbeitszeiten vs. Gleitzeit, Halbtags- vs. Vollzeitbeschäftigung). Dieser Aspekt wurde bereits mit Bezug auf den Tagesablauf des leitenden Mitarbeiters in Abschnitt 3.2.1.7 auf Seite 48 thematisiert und wird auch im Fortschritt dieser Arbeit eine wichtige Rolle einnehmen.

3.2.4 Forschungsstrategisches Defizit

Die in Abschnitt 2 diskutierten Modelle für die Prognose des Nutzerverhaltens haben alle gemein, dass sie sich auf dem Feld der *technischen* Wissenschaften bewegen. Bei keiner der Entwicklungen wird ein substanzieller Versuch durchgeführt, einschlägiges Wissen aus anderen Wissenschaftsbereichen zu importieren und den Bedürfnissen entsprechend weiterzuentwickeln. Aus forschungsstrategischer Sicht besteht somit ein Defizit an *Interdisziplinarität*.

Im vorausgegangenem Abschnitt wurde der Mangel an konzeptuellem Unterbau als ein methodologisches Defizit identifiziert. Da dieser konzeptuelle Unterbau nicht aus den *technischen* Wissenschaften heraus generiert werden kann, folgt aus dem forschungsstrategischen Defizit, dass sich die bisherige Forschung systematisch beschränkt hat. Es liegt auf der Hand, dass substanzielle und innovative Fortschritte in diesem Feld nur erzielt werden können, wenn Erkenntnisse aus Wissenschaftsfeldern importiert werden, die sich mit dem Erleben und dem Verhalten von Menschen befassen. Dabei handelt es sich um die Wissenschaft der Psychologie.

3.3 Zielsetzung und Methodik des eigenen Ansatzes

3.3.1 Allgemeine Zielrichtung der Forschung und konkrete Zielstellung dieser Arbeit

Zu Beginn dieses Kapitels konnten, abgeleitet aus dem zentralen Defizit der mangelnden Berücksichtigung des Kontextes von Handlungen, zahlreiche konkrete Einzeldefizite der bisherigen Forschung identifiziert werden. Es wurde gezeigt, dass die Mehrdeutigkeit einer isoliert betrachteten Handlung nur dann aufgelöst werden kann, wenn der Kontext betrachtet wird, in den diese Handlung eingebettet ist. Daran schloss sich jedoch die Frage an, woraus „Kontext“ denn konkret besteht und welche Eigenschaften er aufweist. Ein potenzieller Weg, diese Fragen zu beantworten, besteht offenbar darin, die Realität und ihre einzelnen Komponenten möglichst umfassend zu betrachten. Dabei ist nicht die objektive Realität, sondern das subjektive Realitätsbild des Nutzers als Handelnder entscheidend. Die bloße, narrative Deskription von subjektiven Alltagsrealitätskomponenten ist jedoch für die Entwicklung eines Prognoseinstruments nicht ausreichend. Stattdessen muss eine wissenschaftsfundierte Konzeptualisierung des Problemfelds erfolgen. Dahin kann man nur gelangen, wenn die identifizierten Alltagsrealitätskomponenten taxonomisch geordnet und die Beziehungen unter diesen einzelnen Komponenten ontologisch dargestellt werden. Erst mithilfe dieser Struktur lässt sich auf psychologische Rahmentheorien schließen, die potenziell in der Lage sind, die kausalen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Komponenten zu erklären. Es ist außerdem zu erwarten, dass diese Theorien an die spezifischen Inhalte und Methoden des hier behandelten Problemfelds angepasst werden müssen. Da psychologische Theorien darüber hinaus nicht unmittelbar dafür entwickelt wurden, um als Basis für eine rechnerische Prognose in einem Simulationsprogramm zu dienen, muss zum Abschluss der theoretischen Ableitung des Modells eine mathematische Operationalisierung der Theorieanteile und deren Umsetzung in Quellcode erfolgen. Dieses numerische Modell muss außerdem einer umfangreichen Validierung unterzogen werden.

Das gesamte erforderliche Vorgehen teilt sich somit grob in die folgenden Einzelschritte auf:

- *Darstellung der subjektiven Alltagsrealität eines handelnden Individuums in einem Gebäude und taxonomische und ontologische Ordnung der darin auftretenden, handlungsrelevanten Realitätskomponenten.*
- *Identifikation und Beschreibung der psychologischen Rahmentheorien, die potenziell in der Lage sind, die Interrelationen zwischen den Realitätskomponenten im Sinne eines „Kontextes“ kausal zu erklären und zu begründen.*
- *Mathematische Operationalisierung durch problemfeld- und methodenorientierte Weiterentwicklung und Umorganisation der psychologischen Rahmentheorien.*
- *Überführung der mathematischen Operationen in Quellcode und Integration in eine Software zur dynamischen Simulation von Gebäuden.*
- *Parametrierung und Validierung des numerischen Modells anhand empirischer Daten.*

Die Bearbeitung aller fünf Punkte würde offensichtlich den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen. Daher werden im Rahmen dieser Arbeit die ersten beiden Punkte als Grundlage für die spätere mathematische Operationalisierung und Programmierung erarbeitet. Das *konkrete* Ziel der vorliegenden Arbeit besteht also darin, methodisch und begründet zu psychologischen Rahmentheorien zu finden, die in der Lage sind, interaktives Handeln von Gebäudenutzern wissenschaftsfundiert zu erklären.

Die beiden nachfolgenden Unterkapitel beschreiben die Methodik und das Vorgehen auf dem Weg dorthin und die inhaltlichen Konsequenzen, die sich daraus ergeben.

3.3.2 Methodik zur Analyse und Ordnung der subjektiven Alltagsrealität

In Abschnitt 3.2.1 auf Seite 39 hatte sich die *Realitätsbeschreibung* von zwei hypothetischen Tagesabläufen als ergiebige Grundlage für die Analyse des Vollständigkeitsdefizites der bisherigen Forschungsarbeiten erwie-

sen. Um zu einer möglichst vollständigen Beschreibung der relevanten, d.h. handlungsmitbestimmenden, Realitätskomponenten zu gelangen, wird dieses Verfahren begründet zu einer *Realitätserzählung* weiterentwickelt. Neben der vielversprechenden Ergiebigkeit der Realitätsbeschreibung werden einige sprachwissenschaftliche Erkenntnisse zur Begründung dieses Schritts herangezogen. Der Abschnitt 4 auf Seite 59 beginnt also mit der Begründung dieses Schritts und der Durchführung der Realitätserzählung.

Im Gegensatz zur Realitätsbeschreibung in Abschnitt 3.2.1 auf Seite 39 umfasst diese Realitätserzählung jedoch lediglich den Tagesablauf eines Universitätsmitarbeiters mit einem Einzelbüroarbeitsplatz. Ein zweiter Tagesablauf mit einem vollständig anderen Geschehensinhalt, vergleichbar dem der Kinder in der Schule, wird nicht dargestellt. Dies ist in erster Linie der notwendigen Begrenzung des Umfangs dieser Arbeit geschuldet. Darüber hinaus existieren jedoch keinerlei Gründe, eine solche ergänzende „Datenbasis“ nicht zusätzlich zu erschaffen und zu analysieren. Tatsächlich wäre dieser Schritt sogar wünschenswert, da somit die Basis für die Identifikation von psychologischen Rahmentheorien verbreitert und das Gesamtverfahren einen entsprechend breiteren Anwendungsrahmen erhalten würde. Die hier vorgenommene inhaltliche Beschränkung hat also zur Folge, dass das final daraus entstehende Verfahren streng genommen nur auf Geschehen in Einzelbüroarbeitsplätzen angewendet werden kann. Allerdings werden sich die identifizierten psychologischen Rahmentheorien als so allgemeingültig erweisen, dass eine Adaptation des Gesamtverfahrens an verschiedenste Anforderungskontexte mit vergleichsweise geringem Aufwand möglich sein wird. Das hier entwickelte Vorgehen kann somit als prototypisches, methodisches Grundraster zukünftiger Entwicklungen eingesetzt werden.

Die aus der Realitätserzählung entwickelte taxonomische und ontologische Ordnung der Realitätskomponenten erfolgt dann ausgehend von dem bereits eingeführten kategorialen Grobraster, bestehend aus Umgebungsbedingungen, Gebäude, Individuum und überindividuellen Nutzungssystemen. Um die verschiedenen Ordnungsschritte zu begründen, wird dabei immer wieder auf die Realitätserzählung als „Datenbasis“ zurückgegriffen. Dies erfolgt durch wörtliche Zitate aus der Realitätserzählung, die aber einer besseren Übersichtlichkeit wegen in den meisten Fällen tabellarisch aufgeführt sind. Außerdem soll das Verständnis der - teils sehr komplexen - Zusammenhänge durch grafische Darstellungen erleichtert werden. Dies gilt insbesondere für die Taxonomien der einzelnen Kategorialbereiche und die Ontologien, in denen die Beziehungen der einzelnen Realitätskomponenten zueinander dargestellt sind. Zur Vorbereitung auf die später erforderliche Programmierung und die Integration in ein Simulationsprogramm werden für diese Grafiken die Prinzipien der Unified Modelling Language (UML) adaptiert. Als Entwurfswerkzeug der OOAD (objektorientierte Analyse und Design) bietet die UML ausgereifte formale Möglichkeiten, unterschiedliche Komponenten eines Ganzen und deren Beziehung zueinander darzustellen. Diesem Schritt liegt die Annahme zugrunde, dass eine frühzeitige Berücksichtigung programmiertechnischer Methoden - ohne diese jedoch als starres Korsett für die Entwicklung einzusetzen - den Verlauf der Gesamtentwicklung vereinfacht.

3.3.3 Methodik zur Identifikation und Beschreibung psychologischer Rahmentheorien

Das Ergebnis dieses ersten Schrittes besteht in einer systematisch geordneten Darstellung derjenigen Realitätskomponenten, die offenbar einen Einfluss auf die Interaktionshandlungen eines Gebäudenutzers ausüben. Anhand dieser Systematik lassen sich nun Psychologietheorien identifizieren, die potenziell in der Lage sind, die aufgezeigten, systematischen Zusammenhänge wissenschaftsfundiert zu beschreiben. Für diesen Import ist es jedoch erforderlich, Auswahlkriterien zu entwickeln, die über den bloßen inhaltlichen Bezug hinausgehen. Die Entwicklung und Beschreibung dieser Auswahlkriterien erfolgt einleitend in Abschnitt 5 auf Seite 189.

Da ein wesentlicher Kritikpunkt an der bisherigen Forschung darin bestand, Handlungen kontextlos bzw. kontextreduziert zu betrachten, muss die Darstellung und Erläuterung des Handlungskontextes ein angemessenes Gewicht erhalten. Dieser Anspruch wird erfüllt, indem den interrelativen Beziehung zwischen den Realitätskomponenten eine herausragende Rolle in der Darstellung zukommt. Der Kontext einer Handlung kann außerdem als ein mehrschichtig aufgebautes Phänomen aufgefasst werden, dessen verschiedene Schichten sich durch die Unmittelbarkeit der Relevanz für eine spezifische Handlung auszeichnen. Daher muss die Entscheidung getroffen werden, ob mit der Darstellung des *unmittelbar* relevanten Kontextes einer Handlung (wie z.B. der

Zusammenhang zwischen Überblendungen auf dem Bildschirm und der Bedienung des Sonnenschutzes) oder mit der Darstellung des *rahmenhaften* Gesamtkontextes begonnen werden soll (z.B. unter welchen Nutzungsbedingungen überhaupt Bildschirme verwendet werden). Hier wurde die Darstellung des Gesamtkontextes an den Anfang gestellt, indem zunächst die Theorien überindividueller Nutzungssysteme analysiert wurden. Davon ausgehend lässt sich der unmittelbare Kontext einer Handlung leichter und verständlicher erläutern als bei einer Darstellung in umgekehrter Reihenfolge.

Die Beschreibung sämtlicher psychologischer Theorien ist rahmenhaft und nicht erschöpfend. Sie dient primär dazu, die Eignung für die wissenschaftliche Beschreibung eines spezifischen Zusammenhangs aufzuzeigen, nicht jedoch dazu, diese Theorie in jedem Detail darzustellen. Aus Unterschieden, die sich in der inhaltlichen und der methodischen Nähe dieser Psychologietheorien zu dem hier behandelten Problemfeld ausdrücken, ergeben sich außerdem Unterschiede in der gewählten Beschreibungstiefe. Manche Theorien weisen bereits von sich aus eine Tendenz zur mathematischen Operationalisierung auf und können daher u.U. konkreter auf das Problemfeld bezogen werden. Andere Theorien sind hingegen rein sprachlich gefasst und sind aufgrund ihres Allgemeinheitsanspruchs nur lose auf das entsprechende Problemfeld beziehbar. In allen Fällen wird jedoch versucht, den Bezug zwischen der Realitätsanalyse, der jeweiligen Psychologietheorie und der potenziellen Anwendung dieser Theorie auf das Problemfeld durch theoretische Betrachtungen und/ oder beispielhafte Anwendungen zusätzlich zu verdeutlichen.



In diesem Abschnitt 4 erfolgt die Identifikation und Ordnung der handlungsmittelbestimmenden Realitätskomponenten auf der Basis der Analyse des subjektiven Realitätsbildes eines handelnden Individuums in einem Gebäude. Dabei teilt sich dieser Abschnitt in insgesamt drei Hauptschritte ein: Zunächst wird in 4.1 das heuristische Verfahren, welches der Analyse der Alltagsrealität dient, entwickelt und begründet. Anschließend erfolgt in 4.2 die in Abschnitt 3.3.2 auf Seite 55 bereits angesprochene Realitätserzählung. Diese stellt einen elementaren Bestandteil des Gesamtverfahrens dar, da sie als Datengrundlage für die Analyse des subjektiven Realitätsbildes dient. In Abschnitt 4.3 werden dann die in dieser Realitätserzählung auftretenden Realitätskomponenten taxonomisch geordnet und ontologisch dargestellt, sodass sie als Basis für die zielgerichtete Identifikation geeigneter rahmentheoretischer Theorien aus der Psychologie dienen können. Dieser Teilabschnitt nimmt den größten Raum innerhalb des Abschnitts 4 ein.

4.1 Begründung und Entwicklung der Grundzüge der Heuristik

Die Notwendigkeit, eine sowohl möglichst umfassende als auch ausgewogene Auswahl handlungsrelevanter Realitätskomponenten auf eine zielgerichtete und nachvollziehbare Art zu treffen, wurde bereits im vorhergehenden Abschnitt 3 begründet. Empirische Forschungsergebnisse, die diese Art Daten zur Verfügung stellen könnten, existieren derzeit jedoch nicht. Ebenso wenig liegen etablierte wissenschaftliche Verfahren und Theorien vor, mithilfe derer eine entsprechende Auswahl erfolgen könnte. Ein grundsätzlich gangbarer Weg wäre die Erhebung von Daten, z.B. durch Befragungen und/ oder durch die minutiöse Beobachtung von Alltagsgeschehen. Dies ist jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht in dem notwendigen Umfang leistbar, sodass sich einer vollständigen Systematik nur durch die Verwendung eines heuristischen Verfahrens angenähert werden kann.

Nachdem sich die Verwendung einer *Realitätsbeschreibung* in Abschnitt 3.2.1 auf Seite 39 bereits als sehr ergiebig und zielführend erwiesen hat, dient hier also eine in der *Alltagssprache* verfasste, *Tagesablaufferzählung* aus der Perspektive einer handelnden Person und deren Analyse als heuristisches Verfahren. Dabei wird davon ausgegangen, dass diese Art der Erzählung naturgemäß die Vielfältigkeit der Erlebenswelt am besten umfasst und somit vielfältige Facetten einflussreicher Realitätskomponenten beinhaltet. In einer *Erzählung*, insbesondere wenn diese aus der Ich-Perspektive verfasst ist, wird das Erleben darüber hinaus unmittelbar dargestellt („Es ist warm. Ich öffne das Fenster“), während im Gegensatz dazu eine *Beschreibung* immer einen bestimmten Grad an Verarbeitung voraussetzt („Da dem Mitarbeiter zu warm ist, öffnet er das Fenster“). Schlussfolgerungen, die eigentlich erst im Rahmen der Taxonomisierung gezogen werden dürfen, laufen dabei offenbar Gefahr, bereits implizit in der Beschreibung aufzutauchen.

Es ist außerdem ein bewusster Schritt, im Zuge der Realitätserzählung auf *Alltagssprache anstelle von Fachsprache* zur Beschreibung von Alltagsrealitäten zurückzugreifen. Tatsächlich existieren ja in den jeweiligen Fachbereichen - sei es in der Bauklimatik oder in der Psychologie - ausgereifte Fachsprachen, mit deren Hilfe Sachverhalte präzise und zielgerichtet angesprochen und beschrieben werden könnten. Es läge also zunächst nahe, von diesen Sprachen Gebrauch zu machen. Es spricht jedoch einiges gegen diese Verfahrensweise und stattdessen für die Verwendung von Alltagssprache:

Fachsprachen verfügen zwar über eine große Kapazität, Sachverhalte „ihres Bereichs“ detailliert darzustellen, jedoch sind sie wortarm, wenn es um die Darstellung kontextueller Verknüpfungen zu anderen Fachbereichen geht. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 09 grafisch abgebildet: Die Fachsprachen der vier hier bereits eingeführten Kategorialbereiche sind, von einer „Nulllinie“ ausgehend, als nach unten spitz zulaufende Kegel dargestellt. Die Kegelform soll dabei symbolisieren, dass das „Wissen“ der Fachsprache und ihre Kapazität in ihrem ureigensten Gebiet - in der Mitte des Kegels - große fachliche Tiefen erreicht, jedoch seitlich, dort wo andere Fachbereiche angrenzen, deutlich begrenzt ist (natürlich existieren in der Realität Überschneidungen, die in dieser stark abstrahierenden Grafik jedoch nicht dargestellt sind). Das Alltagswissen - und damit die Alltagssprache - verfügt nicht über diese Tiefen, ist dafür jedoch natürlicherweise breiter und vernetzter angelegt und somit in der Lage, kontextuelle Zusammenhänge darzustellen. Es ist also zu erwarten, dass interdisziplinäre Wissensbereiche existieren, die zunächst nur mit einer im Alltag gebräuchlichen, quasi vorwissenschaftlichen

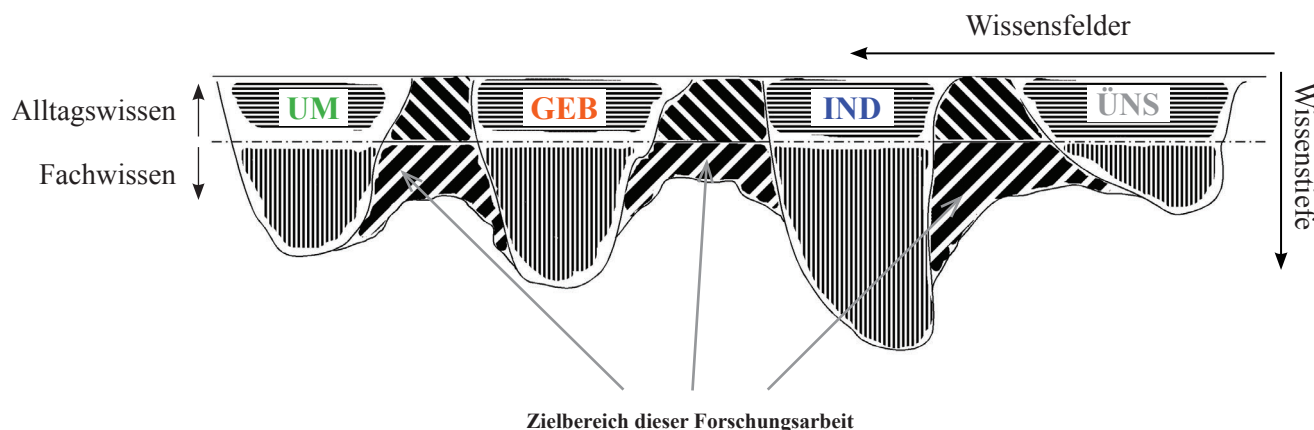


Abbildung 09

Vereinfachte grafische Darstellung des Verhältnisses von Fachsprachen zur Alltagssprache in Bezug auf die fachliche Tiefe, die damit beschrieben werden kann. Dabei wird auf die bereits identifizierten Kategorialbereiche UMgebungsbedingungen, GEBäude, INDividuum und ÜBerindividuelles NutzungsSystem Bezug genommen. Der Zielbereich dieses Projektes liegt zwischen den traditionellen Fachbereichen, reicht jedoch tiefer als das Alltagswissen bzw. die Alltagssprache.

Sprache beschreibbar sind. Im Vorgriff auf die noch folgende Taxonomisierung und Darstellung der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Kategorialbereichen soll ein Beispiel zur Illustration genannt werden: Später wird der alltagssprachliche Begriff der „Handhabbarkeit“ entwickelt, der sich darauf bezieht, wie einfach oder schwer es für ein Individuum ist, z.B. ein Fenster zu bedienen. Dieser Begriff ist im „Zwischenbereich“ von „Gebäude“ und „Individuum“ angelegt: Einerseits werden eindeutige technische Merkmale des Fensters wirksam, die sich allesamt technisch einwandfrei beschreiben lassen: Schwergängigkeit der Beschläge, Brüstungshöhe, Laibungstiefe, usw. Diese Begriffe reichen jedoch nicht aus, um den Bezug zum Individuum herzustellen. Hier können wiederum Individualmerkmale aufgeführt werden, z.B. Körpergröße, Kraft, Geschicklichkeit, die jedoch keinen spezifischen Bezug zu Fenstern (als Teil des Kategorialbereichs „Gebäude“) aufweisen. Erst der Begriff der Handhabbarkeit kann diesen Bezug herstellen. Würde man innerhalb der bekannten Fachsprache verbleiben, könnten diese Zusammenhänge nicht ausreichend aufgedeckt werden. Da die Zielrichtung dieser Arbeit aber gerade darin besteht, den Kontext von Individualhandlungen darzustellen und zu analysieren, führt zunächst kein Weg an der Alltagssprache vorbei. Natürlich besteht die endgültige Zielstellung jedoch darin, diesen interdisziplinären Wissensbereich nicht alltagssprachlich, sondern wissenschaftsbasiert darzustellen.

Der oben aufgeführte Sachverhalt beinhaltet, dass Fachsprachen spezifisch und nicht ohne Weiteres mit anderen Fachsprachen kompatibel sind. Die Unterschiedlichkeit der verschiedenen Fachsprachen äußert sich dabei vordergründig in den typischen Terminologien, die in der jeweils anderen Fachsprache praktisch unbekannt sind. Hinter der Entwicklung dieser Terminologien stecken jedoch vor allem eigene Wissenschaftstraditionen und Denkweisen, deren Unterschiedlichkeit sehr wesentlich zu der begrenzten Kompatibilität beiträgt. Selbst wenn also keine interdisziplinären „Zwischenbereiche“ zwischen den vier Kategorialbereichen verbleiben würden (vergleiche wieder Abbildung 09), d.h. wenn alles, was an Kontext in der Realität aufzufinden ist, durch entweder die eine oder die andere Fachsprache beschreibbar wäre, würden immer noch Kompatibilitätsprobleme an der Grenze zwischen den Denkweisen und somit den Sprachen auftreten. Um Kompatibilität zu erzielen, müssen daher die Fachsprachen auf ihre gemeinsame Wurzel, eben die Alltagssprache, zurückgeführt werden. Erst von dort ausgehend, lassen sich dann geeignete Terminologien für die thematischen Grenzbereiche entwickeln.

Darüber hinaus darf nicht vergessen werden, dass der Gegenstand dieser Arbeit der „Alltagsmensch“, sein Alltagserleben, -denken und -handeln ist. Das Modell muss somit fest in der Alltagsrealität verankert sein, um reales Verhalten wirkungsvoll prognostizieren zu können. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, die Ähnlichkeit zwischen *Denkstrukturen* einerseits und *Sprachstrukturen* andererseits zur Kenntnis zu nehmen. Verschiedene Autoren haben auf diesen Sachverhalt hingewiesen: [Gipper 1987] schreibt, „dass sich das angeborene menschliche Denkvermögen an und mit der Sprache entwickelt und sich sozusagen an der Struktur der Muttersprache emporrankt“ (S. 285), während [Rolland 1997] betont: „Durch die Betrachtung der Sprache

könnte man einen Einblick in die Denkstrukturen gewinnen; denn Ausdruck des Gedankens ist die Sprache“, und weiter: „Damit ist gesagt, dass die Denkstrukturen ein Abbild der Sprachstrukturen darstellen.“ Dies basiert darauf, dass (dargestellt nach [Rolland 1997]) Wortinhalte nicht nur durch die unmittelbare, „spezielle“ Bedeutung des isolierten Wortes, sondern ebenfalls durch „generelle“ Züge, d.h. die Flexionsmöglichkeiten des Wortes und die konstruktionsmäßige Einbindung des Wortes in den Satz bestimmt werden. Sprache liegt somit nicht als bloße Wortmenge vor, sondern „als ein Beziehungsgefüge, das die sprachlich möglichen Relationen zwischen bedingendem Wort und bedingtem Wort enthält“ (S. 3). „Jedes Wort bedingt also auf Grund seines eigenständigen Inhalts einen eigenen Bauplan“ (S. 4), sodass Inhalt und Sprachstruktur zu untrennbaren Einheiten werden. Außerdem muss der Mensch sich - um verstanden zu werden - „innerhalb der in der Sprache geltenden Gesetzmäßigkeiten geistig bewegen“ (S. 6), da sich das Denken nach [Gipper 1971] offenbar weitestgehend als „stummes Sprechen“ realisiert (nach [Rolland 1997]). Im Rahmen dieser Arbeit spielt es keine erhebliche Rolle, ob die Sprachstrukturen die Denkstrukturen oder, umgekehrt, primär die Denkstrukturen die Sprachstrukturen beeinflussen. Erheblich ist lediglich die strukturelle Ähnlichkeit, die man sich hier zunutze machen kann.

Jedoch muss an dieser Stelle eingewandt werden, dass bei einer solchen Realitätserzählung in Alltagssprache - schon aus Ressourcengründen - nicht jedes einzelne, noch so kleine Detail der Realität aufgeführt werden kann. Aus der Menge der denkbaren Komponenten müssen also jene herausgefiltert werden, die relevant im Sinne des Ziels dieser Arbeit sind. Dabei geht es naturgemäß um diejenigen Komponenten, für die ein potenzieller Einfluss auf das Handeln des Gebäudenutzers und in der Folge dieses Handelns für den *Energiehaushalt* des Gebäudes gedanklich konstruiert werden kann.

Um Entscheidungen dieser Art treffen zu können, ohne sich dabei der Gefahr einer willkürlichen Auswahl auszusetzen, ist es erforderlich, Entscheidungskriterien einzuführen. Bei der Verfassung der Realitätserzählung soll daher zunächst jede Realitätskomponente daraufhin überprüft werden, ob durch sie Auswirkungen auf eine oder mehrere der folgend aufgeführten, objektiven Bedingungen des Raums oder des Körpers denkbar sind:

- *thermische Verhältnisse* (wie z.B. Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung, Oberflächentemperatur der Raumbooberflächen, schwitzen, frieren),
- *Luftinhalte* (wie z.B. Luftfeuchtigkeit, Geruchsstoffe, Gase),
- *Lichtverhältnisse* (wie z.B. Helligkeit, Blendung),
- *akustische Verhältnisse* (wie z.B. Lautstärke).

Nur wenn sich ein solcher Einfluss *ausschließen* lässt, findet diese Realitätskomponente keine Berücksichtigung. Lässt sich ein solcher Einfluss hingegen nicht sicher ausschließen, so wird die Realitätskomponente berücksichtigt.

Darüber hinaus müssen diese Komponenten dem Kriterium genügen, dass sie inhaltlich in Variationen denkbar sein müssen und somit die *Ausprägung* eines Merkmals darstellen. Beispielsweise hat die Realitätskomponente „es ist Winter“ offenkundigen Einfluss auf die thermischen Bedingungen des Raums und des Körpers, lässt sich zudem in Variationen denken (Variante: „es ist Sommer“) und stellt somit eine Ausprägung des Merkmals „Jahreszeit“ dar. Nur wenn unterschiedliche Merkmalsausprägungen denkbar sind, kann diese Realitätskomponente durch ihre Varianz einen veränderlichen Kontext für die Handlungen des Individuums darstellen. Ansonsten wäre sie eine Konstante, die eben nicht zu den Variationen des Handelns beitragen würde.

Aus diesem Kriterium folgt bereits, dass es nicht das Ziel der Realitätserzählung sein kann, eine Gesamtliste aller denkbaren, relevanten *Realitätsausprägungen* aufzustellen. Stattdessen sollen die aufgefundenen Komponenten als Basis dafür dienen, eine taxonomische Ordnung der relevanten *Realitätsmerkmale* zu entwickeln. Der Anspruch auf Vollständigkeit bei dieser Methode bezieht sich somit also nicht auf die Gesamtheit der denkbaren Variationen der Realität, sondern auf die Klassifizierung der Merkmale, die diesen Variationen übergeordnet sind. Erst eine solche Klassifizierung ermöglicht es, kontextuelle Zusammenhänge gezielt zu be-

schreiben und mithilfe psychologischer Rahmentheorien zu konzeptualisieren. Auch dieses Ziel muss jedoch thematisch begrenzt werden, da jede Klassifizierung eine problemfeldorientierte Ausrichtung erfahren muss. Die hier eingenommene Perspektive ist selbstverständlich jene der energieverbrauchsrelevanten Interaktionshandlungen eines Gebäudenutzers mit dem Gebäude.

Da der Autor mit keinem Tagesablauf besser vertraut ist als mit seinem eigenen, speist sich die Realitätserzählung aus persönlichen Tagesablauf-Erfahrungen. Dabei ergibt sich jedoch offenbar wieder das Risiko, eine subjektive Auswahl der Realitätskomponenten zu treffen und somit das Verfahren und seine Ergebnisse zu verfälschen. Um diesen naheliegenden Vorwurf möglichst zu entkräften, werden in die Realitätserzählung regelmäßig potenzielle Variationen von Geschehenssequenzen eingeflochten. Die erste Hälfte der Erzählung findet z.B. in der Winterjahreszeit, die zweite Hälfte jedoch in der Sommerjahreszeit statt. An anderen Stellen wird der Variantenreichtum durch Rückblicke auf vergangene Ereignisse erhöht. Wird also ein bestimmtes Ereignis in der Realitätserzählung dargestellt (z.B. das Öffnen des Fensters beim Verlassen des Raums), kann zusätzlich z.B. darauf zurückgeblickt werden, dass in der Vergangenheit aus bestimmten Gründen eine andere Handlung durchgeführt wurde. Außerdem wird gelegentlich die potenzielle Perspektive einer anderen Person mit anderen Eigenschaften eingenommen (z.B. eine ältere Person), wodurch ebenfalls der Variationsreichtum der Darstellung erhöht und die Objektivität gestärkt wird. Die einzelnen Segmente der Realitätserzählung müssen dabei, damit das Verfahren Sinn ergibt, selbstverständlich realistisch, d.h. nach alltäglicher Erfahrung prinzipiell erlebbar sein. Diese Verdichtung des Tagesablaufs bedeutet jedoch gleichzeitig, dass relevante Geschehenssequenzen häufiger auftreten, als es für einen durchschnittlichen Tagesablauf üblich ist. Die gesamte Erzählung wird daher als *quasi-reale* Tagesablauserzählung bezeichnet.

Die gesamte Erzählung beginnt morgens mit dem Aufwachen und endet abends mit dem Zubettgehen und stellt dabei typische Stationen und Ereignisse des Tages dar. Die gewählten Abschnittsunterteilungen folgen dabei grob den raum-zeitlichen Veränderungen der Aktivität: Abschnitt 1 behandelt den Abschnitt zwischen Aufwachen und Verlassen der Wohnung, um zur Universität zu fahren, Abschnitt 2 behandelt den Arbeitstag an der Universität und Abschnitt 3 behandelt die Rückkehr zur Wohnung und die Freizeit bis zum Zubettgehen. Der dabei verwendete, andersartige Schreibstil und die teils sehr alltäglich wirkenden Situationsbeschreibungen werden möglicherweise vom Leser als Bruch mit dem bisherigen Text empfunden. Dies ist jedoch eine unmittelbare Folge der oben begründeten Notwendigkeit, die Realitätserzählung alltagssprachlich zu verfassen. Dieser Stilbruch ist somit erforderlich für das Analyseverfahren und somit beabsichtigt.

4.2 Alltagssprachliche, quasi-reale Tagesgeschehens-Erzählung

Abschnitt 1

An einem üblichen Arbeitstag klingelt mein Wecker morgens um 6.30 h. „Üblich“ bedeutet, ich habe einen Büroarbeitstag am Lehrstuhl vor mir, der aus einer typischen Mischung aus z.B. Schreibearbeit am Computer, Lesen von Dokumenten, Korrekturen von Studentenarbeiten, Sprechstunden mit Studenten oder Vorlesungen besteht. Ein für meine Arbeitssituation eher unüblicher, wenn auch nicht außergewöhnlicher Tag bestände alternativ darin, eine Exkursion durchzuführen, eine Messe oder eine Konferenz zu besuchen oder anderweitige, immer mal wieder auftretende Termine wahrzunehmen. An solchen Tagen kann es schon mal sein, dass der Wecker zu einer anderen Zeit klingelt.

Gehen wir zunächst einmal davon aus, dass es Winter ist, z.B. Anfang Februar. Der Tagesbeginn folgt dann normalerweise einer eingespielten Routine: Ich stehe aus meinem Bett auf und mein erstes Ziel ist das Fenster des Schlafzimmers, welches ich schließe, da mir zu kalt ist. Ich schlafe ausnahmslos bei geöffnetem Fenster, wodurch der Raum nachts stark auskühlt, da ich über Nacht natürlich praktisch keine Gelegenheit habe, das Fenster zu schließen. Allerdings benutze ich im Winter eine dickere Bettdecke als im Sommer und ziehe mir lieber über Nacht ein langes und dickes T-Shirt an, als auf die frische Luft zu verzichten. Andere Menschen haben da andere Vorlieben: Manch einer schläft ausnahmslos bei geschlossenen Fenstern, manch einer sogar mit eingeschalteter Heizung (was mir zu warm wäre, ich schlafe besser bei Kälte) und vermutlich auch manch einer mit geöffnetem Fenster und gleichzeitig eingeschalteter Heizung (was ich nie tue). Der nächste Weg führt mich ins Wohn-Esszimmer und mein erster Blick gilt dem Thermometer. Die Temperaturanzeige des Innenraumthermometers bestätigt, was ich empfinde: Es ist über Nacht auch in diesem Raum ganz schön kalt geworden, auf jeden Fall zu kalt, um gemütlich am Frühstückstisch zu sitzen. Also drehe ich die Heizung auf, wobei ich mich zumindest morgens nicht weiter um die Maßeinteilung des Thermostats kümmere, sondern die Heizung tatsächlich bis zum Anschlag öffne. Anschließend geht es in die Küche und ich setze Kaffee und Tee auf, danach gehe ich ins Bad, um mich zu waschen und anzukleiden. Das Badezimmer ist leider innenliegend, also ist kein Fenster zur Lüftung vorhanden, sondern stattdessen eine automatische, zeitverzögert anlaufende Lüftungsanlage. Der Vorteil ist, dass das Bad praktisch nie auskühlt, hier ist auch im tiefsten Winter selten die Heizung an. Sobald ich hier fertig bin, führt mich mein Weg zurück in die Küche und ich beginne, den Tisch zu decken und das Frühstück vorzubereiten. Mittlerweile ist es auch schon warm genug im Raum, sodass ich die Heizung wieder abdrehen kann. Das Gebäude ist relativ neu (man erkennt an der Fassade des Gebäudes, dass es zumindest kein Altbau und offenbar auch kein unmittelbarer Nachkriegsbau ist. Außerdem ist zu erkennen, dass die Fenster und die Fassadenoberfläche ziemlich unversehrt sind). Es verfügt wohl über Dämmung auf den Wänden und offenbar Kunststofffenster mit Isolierverglasung. Darüber hinaus liegt die Wohnung ziemlich zentral im Gebäude, sodass ich praktisch zu allen Seiten heizende Nachbarn habe. Außerdem scheint die Fassade dicht zu sein, sodass meine Erfahrung ist, dass die Wohnung durch die Heizung blitzschnell warm wird.

Während des Frühstücks versuche ich i.d.R. schon einmal herauszufinden, wie das Wetter gerade ist. Ich checke also die Außentemperatur über mein Thermometer, werfe einen Blick nach draußen oder gehe kurz auf den Balkon, um einen Eindruck von den Bedingungen zu bekommen. Es ist auf jeden Fall kalt draußen und ich möchte einfach wissen, welche Kleidung für heute zweckmäßig ist. Da ich kein Auto besitze und die öffentlichen Verkehrsmittel nur im absoluten Notfall benutze, fahre ich bei jedem Wetter mit dem Rad zur Uni. Ich muss also zum einen abschätzen, ob ich z.B. Handschuhe, Schal und Mütze benötige, ob ich Regenjacke und Regenhose für den Weg brauche. Zum anderen will ich die richtige Kleidung tragen, wenn ich am Lehrstuhl am Schreibtisch sitze (mit „richtig“ meine ich hier zunächst, dass mir nicht zu kalt und nicht zu warm werden soll, dass ich genügend dabei habe, um meine Kleidung in Grenzen an den Tagesverlauf anpassen zu können). Ein Glück stellt niemand am Lehrstuhl formale Ansprüche an meine Kleidung, die ich nicht von selber erfüllen würde: Bei uns besteht kein Zwang, sich formal zu kleiden, sodass ich praktisch vollständig danach gehen kann, wie ich mich wohlfühle. Ich kleide mich also gemäß meiner Erwartung kalter Temperaturen (allerdings nicht „eis“-kalter Temperaturen) und natürlich so, dass ich mir gefalle. Heute ziehe ich also Jeans und T-Shirt an und nehme noch einen Pulli als „Back-up“ mit und für die Fahrt auf dem Rad eine Jacke und Handschuhe. (Im Übrigen hat

im Sommer auch niemand am Lehrstuhl Einwände gegen kurze Hosen. Ich selber finde das aber „selbst bei uns“ unangemessen, sodass man mich wohl nie in kurzer Hose erleben wird. Kolleginnen haben es da irgendwie einfacher, ein Rock wirkt - finde ich - nicht so unpassend wie eine kurze Hose.)

Ich schaue beim Frühstück auf die Uhr und stelle fest, dass es Zeit wird aufzubrechen, wenn ich nicht allzu spät ankommen möchte. Bevor ich dann das Haus verlasse, wird der Tisch noch abgeräumt, ich kontrolliere, ob die Fenster geschlossen und die Heizkörper tatsächlich ausgeschaltet sind. In dicke Kleidung eingepackt und mit Rucksack auf dem Rücken komme ich üblicherweise zwischen 8.30h und 9.00h an der Uni an. (Im Übrigen ist es so, dass die Kollegenschaft zu sehr unterschiedlichen Zeiten bei der Arbeit erscheint. Manch einer beginnt seinen Arbeitstag bereits schon um 7.00h bis 7.30h. Ich bin tatsächlich eher einer der Letzten der kommt, abends jedoch auch meistens einer der Letzten der geht. Innerhalb bestimmter Kernzeiten sind also im Prinzip alle da.)

Abschnitt 2

An der Uni angekommen (das Gebäude liegt in der Innenstadt Münchens, etwa 5 Kilometer von meiner Wohnung entfernt) betrete ich das Gebäude über einen Seiteneingang. Die Strecke auf dem Rad reicht gerade eben aus, um ins Schwitzen zu geraten, selbst im Winter und ganz besonders unter dem Rucksack. Da es innen - selbst in den Treppenhäusern und Gängen der Uni - im Winter beträchtlich wärmer ist als draußen, und ich diesen Wechsel von kalt zu warm als extrem unangenehm empfinde, ziehe ich sofort die Handschuhe und den Schal aus, setze den Helm ab und öffne meine Jacke. Danach gehe ich zum Nebentreppenhaus und steige - mit Rad auf der Schulter - bis in den 3. Stock hinauf. Dort stelle ich das Rad in einem Nebenraum ab und gehe durch einen Flur an den Lehrstuhl zu meinem Arbeitsplatz. Die erste Handlung besteht üblicherweise darin, den Computer anzuschalten, noch bevor ich die Jacke und den Rest abgelegt habe. Der Computer ist das zentrale Arbeitsgerät meiner Tätigkeit. Ich kommuniziere darüber, ich recherchiere darüber, ich schreibe meine Texte am Computer und er bleibt auch angeschaltet, wenn ich mal zeitweise mit anderen Dingen beschäftigt bin. So wie das Anschalten praktisch das Erste ist, was ich an einem Arbeitstag mache, so ist das Ausschalten des Computers praktisch das Letzte, was ich an einem Arbeitstag mache. Die einzige Ausnahme davon bilden Tage, an denen ich bereits morgens unmittelbar nach meinem Eintreffen zu einer Vorlesung muss. Tatsächlich schalte ich den Computer an solchen Tagen erst an, wenn ich von der Vorlesung zurückkehre.

In den meisten Fällen empfinde ich es in dem Augenblick des Ankommens als zu warm in dem Arbeitszimmer, zumindest wenn ich vom Radfahren und Treppensteigen körperlich „in Betrieb“ bin. Spätestens die zweite Handlung besteht also daraus, den Rucksack, die Jacke und auch den Pulli loszuwerden. Heute trage ich jedoch ohnehin keinen Pulli, d.h., ich entledige mich ausschließlich meines Rucksacks und meiner Jacke. Dennoch, mir ist wirklich warm und ich überlege, ob es Sinn macht das Fenster zu öffnen. Ich unterlasse es, da ich weiß, dass es dann - wegen der kalten Temperaturen außen - schlagartig zu kalt werden wird und ich auch merke, dass es im Büro so sehr warm gar nicht ist. Ich möchte mich ganz sicher nicht erkälten und mein Empfinden ändert sich dann auch ganz schnell: Sobald ich einige Zeit sitze und der Körper sich von der Anstrengung erholt hat, fange ich sogar an zu frieren. Das liegt nicht zuletzt an der zum Teil verschwitzten Kleidung, weswegen ich ein frisches T-Shirt eingepackt habe. Mir ist also zu kalt und ich ziehe den Pulli daher an.

Nun ist es so, dass die Fassade des Büros ziemlich exakt nach Osten ausgerichtet ist. Die Fassade des Bürosraums ist praktisch zu keinem Zeitpunkt des Tages durch andere Gebäude verschattet. Gegenüber liegt zwar die Pinakothek, diese wirft ihren Schatten jedoch vormittags nur auf die unteren Geschosse. (Die Büroräume der Kollegen auf der anderen Seite sind allerdings nachmittags häufig verschattet: Hier wirft der gegenüberliegende Hauptriegel des TU-Gebäudes, der mindestens ein Geschoss höher ist, seinen Schatten auf unseren Nebenriegel). Wenn mein Arbeitstag morgens beginnt und es ein relativ klarer, wenig bewölkter Tag ist, dann scheint also die Sonne direkt auf meinen Schreibtisch und auf mich. Manchmal ist das angenehm - z.B. wenn mir wie gerade beschrieben zu kalt ist - und ich genieße die Wärme der Strahlen. Häufig tritt die Strahlung jedoch so intensiv durch die Verglasung ein, dass mir sehr schnell unwohl (weil zu warm) dabei ist. Ich stehe also auf, gehe zum Fenster und lasse den Sonnenschutz herab (i.d.R. so weit, dass mein Tisch und mein Körper verschattet sind, jedoch nicht weiter). Mit dem Sonnenschutz hier ist das so eine Sache, denn seine Bedienung

ist nicht gerade komfortabel. Zunächst einmal ist es so, dass er mit einem eher altertümlich anmutenden Schnur-system betrieben wird. Dabei läuft diese Schnur über eine Rolle, welche sich dreht, wenn an der Schnur gezogen wird, sodass der Sonnenschutz dadurch angetrieben wird. Man muss allerdings wirklich mit viel Kraft an dieser Schnur ziehen, um diesen Sonnenschutz zu bewegen und häufig rutscht die Schnur dabei einfach wirkungslos über die Rolle. Der Prozess ist also etwas mühsam, wobei das Hochziehen weitaus unangenehmer ist, als das Herablassen. Ansonsten ist die Funktion des Sonnenschutzes eigentlich brauchbar: er besteht aus Lamellen, die sich drehen lassen, sodass der Tisch zwar verschattet werden kann, aber dennoch genügend Licht eintritt, um am Schreibtisch arbeiten zu können. Ich stelle mir die Lamellen also genau so ein, dass es mir gerade noch hell genug ist (wobei es auch Leute gibt, die den Sonnenschutz vollständig schließen und dann das Licht zuschalten, um genügend Helligkeit zu haben, bei manch einer Art Sonnenschutz bleibt einem ja auch kaum eine andere Wahl!). Erst wenn es mir zu dunkel am Arbeitsplatz wird, ziehe ich den Sonnenschutz wieder hoch. Ich mag zwar den Blick nach draußen, aber das Aufstehen, das Hochziehen mit der Schnur, das alles ist manchmal so mühsam, dass ich das erst üblicherweise auf mich nehme, wenn ich ansonsten nicht weiterarbeiten könnte. Gelegentlich passiert es dann tatsächlich, dass ich im praktisch Dunklen sitze, da mir die Helligkeit des Monitors zum Schreiben am Computer ausreicht. Lediglich am Ende des Tages ziehe ich den Sonnenschutz definitiv hoch. Das liegt ganz einfach daran, dass er sehr windempfindlich ist und ich keinen Schaden riskieren möchte (und daran, dass es eine Quasi-Direktive des Chefs ist). Denn ohne funktionierenden Sonnenschutz wäre es an meinem Arbeitsplatz unerträglich.

Nachdem ich nun also in meinem Büro angekommen bin, beginne ich mit dem, was an diesem Tag an Arbeit ansteht. Meine Arbeitstätigkeit ist im Grunde typisch für Büroarbeit und umfasst Tätigkeiten wie Texte am Computer verfassen, Dokumente ausdrucken und lesen, Informationen in der Bibliothek oder in Internetdatenbanken recherchieren, ich nehme an Besprechungen des Lehrstuhls oder mit Studenten teil oder halte Vorlesungen und Übungen. Für diese quasi-reale Beschreibung meines Tagesablaufs gehen wir einfach davon aus, dass all diese Tätigkeiten „heute“ auch vorkommen, einfach, um möglichst viele relevante Aspekte hier mit zu berücksichtigen.

Ich beginne also, an diesem Text zu schreiben, wobei das Fenster geschlossen ist und der Sonnenschutz geöffnet. Der Himmel ist eher bewölkt, sodass mich die wenig intensiven Sonnenstrahlen nicht stören, gleichzeitig sind die Temperaturen im Raum angenehm. Diesen Text zu verfassen bedeutet konkret, dass ich vor dem Monitor sitze, die Hände auf der Tastatur liegen und ich mit den Fingern tippe. Allerdings befasse ich mich nicht ausschließlich mit dem Tippen. Während ich diesen Text schreiben muss ich z.B. gelegentlich Informationen recherchieren. Üblicherweise mache ich das über das Internet, aber dann muss ich vielleicht Bücher aus der Bibliothek abholen und daraus Texte kopieren. Häufig finde ich auch einen Journaltext im Internet, den ich dann ausdrücke. Genau das habe ich gerade eben gemacht und gehe daher jetzt zu unserer Kopier- und Druckstation im Nebenraum, um mir den Druck abzuholen. Diesen Text lese ich jetzt, markiere mir dabei wichtige Textstellen mit dem Marker und sortiere die Blätter anschließend in einen Ordner ein (manchmal lege ich sie auch einfach nur auf meinem Schreibtisch ab) und schreibe erst anschließend an diesem Text weiter. Während ich diese Arbeit also fortsetze, lockert die Bewölkung auf und die Sonne kommt raus. Mittlerweile ist die Sonne aber weitergewandert, sodass die Strahlen mich nicht mehr direkt erreichen (ich sitze sozusagen im Schatten der Außenwand). Mein Arbeitsplatz ist parallel zur Fassade ausgerichtet (d.h. ich blicke, wenn ich am Schreibtisch sitze, nicht direkt aus dem Fenster, sondern parallel dazu auf die seitliche Raumwand). Ich mag das Sonnenlicht im Raum und da mich die Strahlen nicht direkt aufheizen, gibt es für mich eigentlich keinen Anlass, den Sonnenschutz zu schließen. Mein Monitor steht jedoch senkrecht zur Fassade, sodass in einer solchen Situation die Sonnenstrahlen häufig auf die Monitoroberfläche treffen. Da die Strahlen im Moment sehr intensiv sind, kann ich durch die Blendung auf dem Monitor nichts mehr erkennen. Ich schließe also den Sonnenschutz, da es ansonsten auf der Monitoroberfläche zu hell wäre und ich meine Arbeit sonst nicht fortsetzen könnte.

Nach einer gewissen Zeit des Arbeitens verspüre ich das Bedürfnis, etwas zu trinken. Üblicherweise trinke ich regelmäßig Tee, Kaffee oder Wasser während der Arbeitszeit. Ich beende also den Gedanken, den ich gerade noch im Kopf habe, schreibe den Absatz zu Ende, stehe auf und begeben mich in die Küche, um mir Tee zu kochen und die Tasse wieder mit zurück ins Büro zu nehmen. Ich schätze, dass ich im Sommer und Winter mehr

und häufiger trinke und somit häufiger in die Küche gehe als im Frühjahr. Das liegt wohl daran, dass ich heißen Tee und Kaffee im Winter mag, da warme Getränke wärmen und Wasser im Sommer, um nicht zu dehydrieren.

Wieder im Büro angekommen stelle ich fest, dass die Luft dort schlecht ist und ich durchaus mal lüften könnte. Meistens stelle ich das erst fest, wenn ich den Raum wieder betrete, nicht jedoch wenn ich mich permanent in ihm aufhalte. Ich öffne also das Fenster (es ist dreiteilig und im Winter öffne ich üblicherweise nur den untersten Teil, da es ansonsten schlagartig kalt wird im Raum) und ertrage eine Zeit lang die von außen eintretende kalte Luft, um den Raum einmal durchzulüften. Ich ziehe daher meinen Pulli an und arbeite parallel zum Lüften weiter an meinem Computer. Aber es dauert nicht lange und ich finde die Kälte unerträglich (und denke gleichzeitig, dass jetzt genügend frische Luft im Raum sein sollte), stehe also fix auf und schließe das Fenster wieder. Dennoch bleibt es für einen bestimmten Zeitraum kalt in meinem Büro und ich denke erst mal nicht daran, meinen Pulli wieder auszuziehen (wieso auch, ist ja angenehm so). Selbst wenn mir noch kälter wäre, käme ich aber nicht auf die Idee zusätzlich noch Jacke und Handschuhe anziehen. Eine Jacke zu tragen würde ich hier an meinem Arbeitsplatz unangemessen finden (ich arbeite ja nicht in einem Kühlager in dem kalte Temperaturen eine Notwendigkeit sind). Handschuhe zu tragen wäre nicht nur unangemessen, sondern auch sehr unzweckmäßig, schließlich muss ich in der Lage bleiben, auf der Tastatur zu tippen oder umzublättern. Ich überdenke also (als Alternative dazu, mehr Kleidung zu tragen als ohnehin schon) die Möglichkeit, einen heißen Tee oder Kaffee zu trinken. Der Effekt ist jedoch nur sehr kurz andauernd, sodass es zwar ein willkommener Nebeneffekt zum Genuss als solches ist, aber keine vollwertige Maßnahme, um mich zu wärmen. Für wirkungsvoller und dauerhafter halte ich es, die Heizung an- bzw. höher zu stellen. Aber tatsächlich vermeide ich jedoch wenn möglich, meine Heizung zu verwenden. Das hat einen einfachen Grund: Um an das Thermostat zu gelangen, muss ich entweder die Abdeckung der Heizung abmontieren oder alternativ auf dem Fußboden herumkriechen. Beides ist mir zu aufwendig, sodass ich die Heizung tatsächlich nur dann anstelle, wenn ich keine anderen Möglichkeiten mehr sehe (ich frage mich häufig, was ältere oder körperlich weniger fitte Kollegen in einer solchen Situation machen würden). Ähnlich ist es im Übrigen mit dem Abstellen der Heizung: Häufig vergesse ich es und ich vermute das liegt daran, dass sie so stark verdeckt ist und sie mir daher nicht wirklich ins Auge fällt. Zwar bin ich mir vollkommen im Klaren darüber, dass sich nur einen guten Meter von meinem Arbeitsplatz entfernt ein bedienbarer Heizkörper befindet, dennoch rückt er offenbar nur selten in mein Bewusstsein.

Ich arbeite anschließend weiter und abgesehen davon, dass gelegentlich ein Kollege reinkommt (um zwischendurch Fachfragen zu besprechen oder vom Wochenende zu erzählen) oder unsere Sekretärin Informationen zu einer Veranstaltung benötigt und daher anruft, setze ich meine Arbeit kontinuierlich fort. Allerdings zieht die Bewölkung draußen zwischendurch wieder zu und dadurch, dass die Sonne noch weiter gewandert ist und der Sonnenschutz noch geschlossen ist, wird es ziemlich dunkel in meinem Arbeitszimmer. Häufig stört mich das nicht, wenn ich nur am Computer sitze und tippe (wie gesagt, da reicht mir häufig die Helligkeit des Monitors aus). Wenn ich aber Texte auf einem Blatt Papier lesen will, brauche ich mehr Licht.

Mein Raum hat eine Deckenleuchte, deren Schalter neben der Tür angebracht ist und zusätzlich eine Tischleuchte, deren Schalter sich direkt am Leuchtkörper befindet. Ich bräuchte also nur den Schalter an meiner Tischleuchte zu betätigen und schon hätte ich ausreichend Helligkeit. Ganz sicher machen das auch viele so, da ich selber jedoch mittlerweile, was den Energieverbrauch angeht, ziemlich sensibel bin, habe ich die Einstellung, zunächst Maßnahmen zu ergreifen, die keine Energie verbrauchen. Ich mache also das Naheliegende, unterbreche meine Arbeit wieder (die ich ja ohne Licht ohnehin nicht gut ausführen kann), stehe auf, gehe zum Sonnenschutz und öffne diesen, um mehr Licht zu haben. Ist mein Eindruck, dass ich ihn später wieder benötigen könnte (weil ich den Himmel betrachte und mir vorstellen kann, dass die Sonne vielleicht doch noch mal rauskommt), so öffne ich in der Regel nur die Lamellen (falls mir das lichttechnisch reicht). Habe ich dagegen den Eindruck, dass ich den Sonnenschutz nicht mehr benötige (da ich sehe, dass der Himmel total zugezogen ist und die Sonne vermutlich nicht mehr rauskommt), dann ziehe ich den Sonnenschutz ganz hoch, allein schon deshalb, weil ich den Blick nach draußen angenehmer finde als den Blick auf den Sonnenschutz (immerhin blicke ich auf die Pinakothek und die zugehörigen Wiesen, ohne jedoch, dass mir jemand ernsthaft in den Raum blicken könnte - was ich nicht mögen würde - da die Pinakothek weit genug entfernt steht. Meine

Kollegen auf der anderen Seite haben jedoch direkten Blickkontakt mit den Kollegen, die ihr Büro im Hauptflügel gegenüber haben.)

Tatsächlich ist es aber jetzt gerade so, dass die Helligkeit noch nicht mal mit komplett hochgezogenem Sonnenschutz ausreicht, um meinen Text unangestrengt lesen zu können. Ich brauche also immer noch mehr Licht, um lesen zu können. Ich neige dazu, die Tischleuchte zu benutzen, wenn ich mehr Licht benötige. Erstens wird dadurch ein für mich ausreichender Bereich belichtet und zweitens ist der Aufwand dafür minimal. Eigentlich brauche ich dafür nur meine Hand anheben und auf den Schalter drücken. Will ich jedoch die Deckenleuchte anschalten, muss ich dafür aufstehen, zur Tür gehen, den Schalter betätigen, zum Tisch zurückgehen und mich wieder hinsetzen (zum Ausschalten das gleiche!). Dieser Aufwand ist mir häufig zu hoch, außerdem sehe ich für mich keinen echten Vorteil in einer Deckenbeleuchtung (allerdings gibt es viele Menschen, die einen ausgeleuchteten Raum als angenehmer empfinden als einen Raum, der nur lokal beleuchtet ist). Ich schalte also meine Tischleuchte an.

Ich nutze noch die Gelegenheit und gehe zur Toilette (die Arbeit ist ohnehin unterbrochen), um anschließend weiter an meinem Text zu arbeiten. Es dauert allerdings nicht lange und es wird Zeit für die Mittagspause. Wenigstens eine längere Pause mache ich am Tag und das ist die Mittagspause. Zu ziemlich regelmäßigen Zeiten gehe ich entweder mit den Kollegen in die Mensa oder in ein nahegelegenes Restaurant mit Mittagstisch oder ich gehe in die Cafeteria und hole mir einfach nur belegte Brötchen, die ich dann am Tisch esse, während ich weiterarbeite. Heute gehe ich mal in die Mensa zum Essen. Ich mache also das Licht aus, da ich es in meiner Abwesenheit nicht benötige, stehe auf, verlasse mein Büro und kehre nach dem Essen - also etwa 30 bis 60 Minuten später - dorthin zurück.

Um den Variantenreichtum dieser Erzählung zu erhöhen, soll der weitere Verlauf dieses Tages für den Fall beschrieben werden, dass wir uns nicht im tiefen Winter, sondern im Sommer befinden. Es ist mäßig warm draußen, es ist ein klarer Tag. Der Sonnenschutz ist seit den Morgenstunden heruntergezogen, das Fenster ist jedoch noch geschlossen.

Ich kehre also von der Mittagspause zu meinem Arbeitsplatz zurück. Mir fällt beim Betreten des Raums auf, dass mein Arbeitsplatz bei vollkommen geschlossenen Lamellen des Sonnenschutzes zu dunkel ist zum Arbeiten. Da ich ohnehin stehe, richte ich also den Sonnenschutz so, dass es hell genug am Arbeitsplatz ist (ich verdrehe nur die Lamellen dafür). Ich setze also meine Arbeit fort, erwarte jedoch in zwei Stunden (um 15.00h) Studenten, da ich heute Sprechstunde habe. Allzu viele werden es jedoch nicht sein, da zurzeit keine Prüfungen anstehen.

Zwischendurch - es geht auf den Nachmittag zu und die Temperaturen steigen - wird es mir an meinem Arbeitsplatz zu warm (irgendwie habe ich aber auch eher eine Tendenz zu kühleren Temperaturen, mir wird meistens viel schneller „zu warm“ als anderen und ich mag kühlere Temperaturen mehr als warme). Da ich keinen Pulli trage, kann ich mich keiner Kleidung mehr entledigen (ohne komisch zu wirken). Die Sonne scheint außerdem schon lange nicht mehr in mein Zimmer, der Sonnenschutz ist ohnehin noch unten, sodass jetzt die Lamellen weiter zuzudrehen vermutlich auch nicht den erhofften Effekt erbringen würde (nämlich, dass mir nicht mehr zu warm ist). Da ich die Heizung heute noch nicht angemacht habe, bleibt mir die Alternative etwas Kühles zu trinken oder das Fenster zu öffnen. Gerade im Sommer trinke ich viel Wasser oder Tee, zum einen, da ich mich ausgetrocknet fühle und daher ein Bedürfnis nach Flüssigkeit habe und zum anderen, da ich weiß, dass das Wasser kühler als mein Körper ist und ihm somit Energie entzieht. Auch diesen Effekt empfinde ich - wie Kaffee und Tee im Winter - als nicht dauerhaft. Also öffne ich das Fenster. Ich empfinde es als angenehm in der von außen einströmenden, i.d.R. kälteren Luft zu sitzen. Aber selbst wenn die Außenluft nicht kühler ist als die Innenraumluft (was ich aber ohnehin nicht zweifelsfrei feststellen kann, da ich ja keine Messungen durchführe) empfinde ich es als wohltuend, da ich merke, wie mein Schweiß auf der Haut trocknet und mich dabei kühlt. Auch wenn mein Fenster offenbar älterer Bauart ist, so ist die Konstruktion doch sehr viel komfortabler als diejenige der Heizung: Es besteht aus insgesamt drei Teilen, zwei relativ kleinen Teilen, die unten und oben angeordnet sind und sich kippen lassen und einem großen Mittelteil, der sich aufdrehen lässt. Je nach Bedarf verwende ich unterschiedliche Kombinationen: Das untere Kippfenster öffne ich immer

als erstes wenn ich lüften will (egal ob ich lüfte weil mir zu warm ist oder weil ich die Luftqualität nicht mehr mag). Es ist bestens zu erreichen (der Griff liegt auf Hüfthöhe) und wenn Luft einströmt, dann befinde ich mich unmittelbar in der Strömung (im Winter muss ich das dann so lange tolerieren, bis ich meine, die Luftqualität ist wieder akzeptabel, was ich ja auch nur abschätzen kann). Im Sommer ist es angenehm so, insbesondere wenn ich gegenüber noch die Fenster oder die Tür öffnen kann und somit ein Durchzug entsteht. Das mittlere Fenster öffne ich zusätzlich, wenn mir das Öffnen des unteren Fensters nicht ausreicht. Hierdurch entsteht noch mehr Durchzug und im Grunde ist das erstmal eine zusätzliche Verbesserung. Aber heute hat das auch Nachteile, denn es ist mittlerweile Wind aufgekommen. Wegen des starken Winds außen muss ich diese beiden Fenster geschlossen lassen und kann nur das oberste Fenster öffnen, damit Windböen nicht ungehindert eindringen und dabei Unterlagen vom Tisch geweht werden. Aber der Effekt ist unbefriedigend, da ich natürlich wenig von dem Windzug mitbekomme. Außerdem wird der Wind nun so stark, dass ich sogar zusätzlich den Sonnenschutz hochziehen muss, da er anfängt im Wind zu schlagen und droht, kaputt zu gehen. Immerhin wird aber die Luft des Raums ein wenig ausgetauscht.

Wie schaffe ich es jetzt also, ein wenig Luftbewegung abzubekommen und damit einen kühlenden Luftzug zu spüren? Gelegentlich empfinde ich es als erleichternd, mir selber Luft zuzuwedeln oder das T-Shirt zu lüften. Das Problem dabei ist halt, dass der Effekt nur so lange anhält, wie ich das Wedeln fortführe, also eigentlich empfinde ich diese Handlung als eher ineffektiv. Außerdem hält sie mich von der Arbeit ab und ich muss mich bei der Wärme auch noch bewegen, wodurch mir ja noch wärmer wird. Eine bessere - weil effektivere und bequemere - Alternative ist die Verwendung eines Ventilators, auch wenn es nur ein kleiner USB-Ventilator ist, den ich an meinen Computer anschließe. Meine Einstellung ist jedoch, dass ich solche Geräte nur verwende, wenn das Lüften über die unteren Fenster nicht möglich ist (wegen des Stromverbrauchs des Ventilators). Jetzt im Moment scheint es mir angezeigt, diesen Ventilator an meinen PC anzuschließen und zu benutzen.

Unter diesen neu geschaffenen Bedingungen setze ich also die Arbeit an diesem Text fort. Bis das Telefon klingelt und ich meinen Gedanken abrupt unterbrechen muss.

Ein Kollege von einem anderen Lehrstuhl ist am Telefon und wir müssen einige Dinge bezüglich verschiedener Fakultätsveranstaltungen klären. Da das TU-Gebäude innerstädtisch liegt, ist es jedoch um das Gebäude herum häufig ziemlich laut. Das liegt z.B. am starken Autoverkehr auf der Straße unterhalb meines Fensters (vor allem während des Berufsverkehrs morgens und abends) oder an den immer mal wieder durchgeführten Bauarbeiten (gerade jetzt im Moment kreist laufend ein Bagger unterhalb meines Fensters, vermutlich um Bauschutt von einer Ecke in die andere zu transportieren und dabei möglichst viel Lärm zu produzieren). Da ich das Fenster noch geöffnet habe, ist es auch entsprechend laut in meinem Arbeitszimmer. Mich stört das üblicherweise nicht in meiner Konzentration, jetzt im Moment ist es jedoch so laut, dass ich am Telefon nicht mehr richtig gut verstehe, was mein Kollege mir erklären möchte. Es hilft also nichts, ich muss mich kurz bei ihm entschuldigen, den Hörer weglegen, zum Fenster gehen, das Fenster schließen und das Gespräch danach wieder aufnehmen. Jetzt kann ich ihn gut verstehen, allerdings wird es jetzt noch wärmer im Raum. Ich führe also dieses Gespräch zu Ende, lege auf und öffne sogleich im Anschluss daran wieder das Fenster.

Anschließend versuche ich mich wieder auf diesen Text zu konzentrieren. Ich hole mir schnell noch eine neue Flasche Wasser aus der Küche und gehe damit zurück in mein Arbeitszimmer. Wenn man die Räumlichkeiten so schnell wechselt, ist der Unterschied zwischen den einzelnen Räumen deutlich spürbar. Die Küche ist deutlich kühler als mein Arbeitsraum, da sie nur ein kleines Fenster hat, das zudem noch nach Norden ausgerichtet ist. Direkte Sonne bekommt der Raum daher nicht ab und auch ansonsten gibt es dort nicht viel, was den Raum aufheizen könnte: Zum einen hält sich dort keiner der Kollegen längere Zeit auf und zum anderen ist die Kaffeemaschine ein Stand-by-Gerät, das sich immer selbstständig ausstellt, wenn es nicht benutzt wird. Eine Kochgelegenheit gibt es erst gar nicht. Ich betrete also meinen Raum und er erscheint mir in diesem Augenblick noch wärmer als zuvor.

Nach einiger Zeit erscheinen zwei Studenten zur Sprechstunde. Ich habe immer zur gleichen Zeit Sprechstunde, jedoch bedeutet das nicht unbedingt, dass dann jedes Mal Studenten erscheinen. Manchmal erscheinen mehr, manchmal weniger. Sie warten kurz, während ich einen Absatz an diesem Text zu Ende schreibe und mir

noch kurz Notizen mache, um später an derselben Stelle weiterarbeiten zu können. Die Besprechung halten wir in unserem Besprechungszimmer ab. Dieser liegt an der Ecke des Gebäudes in dem wir uns befinden und hat somit zwei Fassaden. Eine ist - wie die Fassade meines Raums - nach Osten ausgerichtet, die andere nach Süden. Wir gehen also gemeinsam zu unserem Besprechungsraum, öffnen die Tür und treten ein. Den Raum nutzen wir zwar für allerlei interne und externe Besprechungen, heute hat ihn aber offenbar noch niemand betreten. Die Fenster sind geschlossen, der Sonnenschutz ist oben und der Raum hat sich - einem Eckraum entsprechend - im Tagesverlauf aufgewärmt. Als erstes öffne ich also ein Fenster (hier gibt es ohnehin nicht viel, was von den Tischen geweht werden könnte, außerdem ist es ein seitliches Fenster, abseits vom Besprechungstisch) und schließe den Sonnenschutz, damit möglichst schnell erträgliche Bedingungen entstehen. Nach kurzer Zeit ist es erträglicher, sodass ich beginnen kann, die Fragen der Studenten mit ihnen zu diskutieren und die Zusammenhänge zu erläutern.

Nachdem die Studenten wieder gegangen sind, schließe ich das Fenster wieder und ziehe den Sonnenschutz hoch. Das ist zwar nicht günstig für den Raum, aber da es ohnehin schon Nachmittag ist, gehe ich davon aus, dass heute niemand mehr den Besprechungsraum benutzen wird. Außerdem möchte ich verhindern, dass der Sonnenschutz über Nacht kaputt geht oder es dann doch noch hineinregnet (der Blick zum Himmel bestätigt, dass sich ein Gewitter ankündigt), weil niemand daran gedacht hat.

Im Anschluss muss ich zu meiner Vorlesung, die in einem anderen Teil des Universitätsgebäudes stattfindet. Diese Vorlesung halte ich im Sommersemester, einmal die Woche, immer um 16.00h. Ich nehme mir also meine Vorlesungsunterlagen, prüfe ob ich für die Zeit meiner Abwesenheit den Sonnenschutz unten und das Fenster geöffnet lassen kann und verlasse den Lehrstuhl, um zum Hörsaal zu gehen und dort meine Vorlesung zu halten.

Nach der Vorlesung - um diese Uhrzeit ist das Halten der Vorlesung mühsam und es gab einige Gelegenheiten, bei denen ich die Studenten zur Ruhe aufrufen musste - beende ich meinen Arbeitstag, wie üblich etwa gegen 18.00h. Den Sonnenschutz muss ich hochziehen, allerdings muss ich abschätzen, ob ich das Fenster geöffnet lasse. Im Sommer lass ich das obere Fenster tatsächlich sogar häufig über Nacht offen. Allerdings nur wenn ich - aus welchen Gründen auch immer - der Meinung bin, dass es morgen genauso warm wird wie heute und der Raum dadurch über Nacht auskühlen kann. Das geht allerdings nur, da ich einigermaßen sicher sein kann, dass niemand einbricht (was im 3.OG ziemlich sicher ist) und dass es während meiner Abwesenheit nicht durch das Fenster in den Raum regnet. Letzteres muss ich abschätzen - ich schaue mir die Wettervorhersage an und entscheide auf dieser Basis, oder, falls ich schon sehe, dass Gewitterwolken aufziehen, gehe ich davon aus, dass es regnen wird oder, auch eine Möglichkeit, ich schließe aus der Tatsache dass es letzte Nacht nicht geregnet hat einfach, dass es diese Nacht wohl auch nicht regnen wird. Immerhin ist das oberste Fenster durch einen Mauervorsprung einigermaßen vor Regen geschützt. Im Zweifel geht das schon für eine Nacht.

Wie erwähnt ziehen im Moment allerdings bereits Gewitterwolken auf. Ich entscheide mich also dafür, das Fenster lieber zu schließen, fahre den Computer runter und begebe mich zu meinem Fahrrad. Im Flur vor dem Lehrstuhl brennt Licht, am helllichten Tage. Man sieht es allerdings nur dann, wenn man den Blick zur Decke richtet, denn der Flur ist durch das Tageslicht so hell, dass das Deckenlicht praktisch nicht auffällt. Vielleicht hat jemand das Licht heute in der Früh eingeschaltet (wenn er sehr früh da war), vielleicht ist gestern jemand sehr spät gegangen und das Licht brennt seit dem, oder es brennt einfach schon seit Tagen und niemand bemerkt es. Ich schalte es aus (um unnötige Energieverschwendung zu vermeiden) öffne die Tür zu dem Nebenraum, in dem mein Rad steht, nehme mein Rad und gehe durch das Treppenhaus nach unten. Nach 5 Kilometern stehe ich, leicht verschwitzt, vor der Haustür des Mehrfamilienwohnhauses in dem ich wohne.

Abschnitt 3

Ich betrete das Treppenhaus, das hier im Erdgeschoss - im Vergleich zu den Außentemperaturen - angenehm kühl ist. Mit dem Rad steige ich in den dritten Stock - mit jedem Stock wird es wärmer - schließe die Tür auf und betrete meine Wohnung. Die große Fensterseite im Wohnzimmer zeigt Richtung Westen (zum ruhigen Hinterhof), sodass an klaren Tagen üblicherweise die Sonne um diese Zeit direkt in die Wohnung scheint. Da mein Wunsch ist, dass die Wohnung abends und vor allem nachts möglichst kühl ist, schließe ich jedoch - wenn

sich ein warmer Tag ankündigt - die Rollläden der Wohnung üblicherweise morgens vor dem Verlassen zu drei-viertel und öffne die Fenster auf Kipp. Somit kann die Sonne nicht in die Wohnung scheinen, gleichzeitig lüftet die Wohnung jedoch noch, und falls es anfängt zu regnen, sind die Kippöffnungen ausreichend geschützt. Ich empfinde es heute dennoch als zu warm in der Wohnung, also öffne ich die Balkontür als erstes weit, ziehe die Rollläden etwas hoch und mache das gleiche noch mal im Schlafzimmer (sodass ich Durchzug bekomme). Dann gehe ich verschiedenen Dingen nach, die meiner Abendbeschäftigung dienen: z.B. Zeitung lesen, Abendbrot zubereiten, Sport machen. Jetzt habe ich Lust, Zeitung zu lesen. Ich setze ich mich daher auf einen Sessel und lese - solange es nicht zu dunkel ist - mit Tageslicht. In dem Augenblick, in dem es mir zu dunkel ist, um die Buchstaben zu erkennen schalte ich die benachbarte Stehlampe dazu. Nicht lange und ich höre einfach auf, da mir nach Abendbrot ist. Mache ich mir abends noch etwas zu essen, dann ist es selten, dass ich noch den Herd benutze. Somit gehe ich heute nur an den Kühlschrank, um mir ein Brot zu machen. Hätte ich stattdessen vor, Sport zu machen würde ich die Wohnung wieder verlassen.

Im Sommer schlafe ich grundsätzlich mit weit geöffnetem Fenster, wobei ich die Rollläden je nach Wind- und Regenverhältnissen unterschiedlich weit schließe (bei schwachem Regen ohne Wind bleiben sie am weitesten geöffnet, in einer Gewitternacht mit Schauern und Sturm schließe ich sie lieber). Auch meine Wohnung liegt eher noch im innerstädtischen Bereich, vor allem gibt es jedoch in der näheren Umgebung das ein oder andere Restaurant. Je nach Wochentag gibt es also einen relativ starken Publikumsverkehr in der Straße in der ich wohne, was im Schlafzimmer (das zu dieser Straße zeigt) deutlich hörbar ist. Zwar stören mich Verkehrs- und Baustellengeräusche im Schlaf nicht so sehr, Unterhaltungen, denen ich gedanklich folgen kann (wenn auch nur für einen kurzen Zeitraum), jedoch schon. Hält mich dann der Lärm vom Schlafen ab, ist die Situation problematisch (denn bei geschlossenem Fenster schlafe ich einfach nicht gut). Irgendetwas muss ich also heute machen, da es draußen tatsächlich ganz schön laut ist. Eine Möglichkeit bestände darin, das Fenster ausnahmsweise zu schließen, den Ventilator anzustellen (d.h. ihn aus dem Keller zu holen und neben das Bett zu stellen) und wenigsten damit für Luftbewegung am Bett zu sorgen. Tatsächlich verwende ich jedoch Ohrenstopfen zum Schlafen. Sie schirmen mich ausreichend vor dem Lärm von außen ab, sodass ich das Fenster geöffnet lassen kann.

4.3 Taxonomische und ontologische Ordnung der in der Tagesgeschehens-Erzählung auftretenden Realitätskomponenten

4.3.1 Abfolge und Grundprinzip der Darstellung

In der Tagesabläuferzählung des vorhergehenden Abschnitts tauchen zahlreiche Realitätskomponenten auf, die das Verhalten des Nutzers in Gebäuden beeinflussen können. Diese Form der Darstellung ist jedoch für eine wissenschaftliche Konzeptualisierung nicht geeignet, da die thematisch relevanten Realitätskomponenten darin einerseits gemischt und andererseits als *Ausprägungen* von Merkmalen und nicht als Merkmale selber auftauchen. Daher ist es erforderlich, diese Ausprägungen auf Merkmale zurückzuführen, diese taxonomisch zu ordnen und sodann ontologisch darzustellen. Diese Systematisierung wird nun in diesem Abschnitt vorgenommen.

Eine taxonomische Basiseinteilung wurde bereits in Abschnitt 3.2.1 auf Seite 39 eingeführt. Dort wurde zwischen den vier Kategorialbereichen „Umgebungsbedingungen“, „Gebäude“, „Individuum“ und „überindividuelle Nutzungssysteme“ unterschieden. Das Vorgehen in diesem Kapitel baut auf dieser kategorialen Grobeinteilung auf, indem zunächst geprüft wird, welche Realitätskomponenten des obigen Tagesablaufs welchem Kategorialbereich eindeutig zugeordnet werden können. Anschließend muss entschieden werden, ob diese Realitätskomponenten als Merkmalsausprägungen aufgefasst werden können und ob daraus somit induktiv auf Merkmale des jeweiligen Bereichs geschlossen werden kann (so wie z.B. von den Begriffen „blond“ oder „brünett“ auf das Merkmal „Haarfarbe“ geschlossen werden kann). Die Grundprämisse bei dem Vorgehen ist dabei stets, nur Merkmale zu definieren, die vermutlich relevant für diejenigen Handlungen des Gebäudenutzers sind, die auch den Energiehaushalt des Gebäudes mitbestimmen. Die Reihenfolge, mit der dabei vorgegangen wird, folgt weitestgehend einer Kausalkette der von außerhalb des Gebäudes über die Gebäudehülle auf den Innenraum und schließlich auf den Nutzer einwirkenden Umgebungsbedingungen. Es soll an dieser Stelle jedoch noch einmal betont werden, dass es sich bei dem Gegenstand dieser Taxonomisierung um die Eigenschaften der *subjektiven* Alltagsrealität des Alltagsmenschen handelt. Diese subjektiv wahrgenommenen Eigenschaften sind dabei häufig nicht mit den objektiven Eigenschaften identisch. Die hier verfolgte Kausalkette stellt somit auch keine objektive Kausalkette im strengen, thermodynamischen Sinn dar, sondern dient stattdessen primär der Logik der Darstellung.

Auch wenn sich die Realität getrennt nach einzelnen Kategorialbereichen betrachten lässt, so bestehen zwischen diesen Bereichen dennoch zahlreiche Interrelationen. In diesem Zuge kann beispielsweise die Frage betrachtet werden, auf welchen Wegen die Merkmale des Gebäudes die Merkmale der Umgebungsbedingungen in seinem Inneren - aus subjektiver Sicht des Nutzers - beeinflussen. Nur auf der Basis dieser Interrelationen ist es also möglich, kontextuelle Zusammenhänge zu beschreiben. Da die ungenügende Berücksichtigung kontextueller Zusammenhänge die zentrale Kritik an den existierenden Arbeiten ist, dürfen diese Interrelationen nicht nur durch implizite Erwähnungen innerhalb der kategorialen Bereichsanalysen dargestellt werden. Daher erfolgt die explizite Beschreibung und Kategorisierung dieser Interrelationen innerhalb eigenständiger Kapitel, die jeweils zwischen den Kapiteln über die Kategorialbereiche angeordnet sind. So folgt z.B. auf die Beschreibung von „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ das Kapitel „Interrelationen zwischen den Bereichen Umgebungsbedingungen und Gebäude“.

Die Taxonomisierung der Kategorialbereiche „Umgebungsbedingungen“, „Gebäude“ und „Individuum“ und die Darstellung ihrer Interrelationen erfolgt in den Abschnitten 4.3.3 auf Seite 77 bis 4.3.9 auf Seite 142.

Die Aktivitäten und Handlungen von Individuen, die einen Bezug auf den Energiehaushalt des Gebäudes aufweisen, lassen sich, insbesondere durch die Beachtung der Interrelationen zwischen diesen drei Kategorialbereichen, in Aktivitäts- und Handlungstypen kategorisieren. Darüber hinaus lassen sich erste Strukturen von Handlungsprozessen aus den Interrelationen ableiten.

Aufgrund der engen Verknüpfung mit den Interrelationen dieser drei Kategorialbereiche wird diese Analyse von Aktivitäten und Handlungen in den Abschnitten 4.3.10 auf Seite 154 und 4.3.11 auf Seite 167 durchgeführt.

Die bis zu diesem Zeitpunkt betrachteten Interrelationen umfassen entweder zwei oder auch drei Kategorialbereiche, nicht jedoch den vierten Kategorialbereich „überindividuelle Nutzungssysteme“. Diese Entkopplung ist sinnvoll, da sich herausstellen wird, dass sich „überindividuelle Nutzungssysteme“ normierend auf viele Merkmalsausprägungen der übrigen Kategorialbereiche auswirken. So wird beispielsweise in den folgenden Kapiteln gezeigt werden, dass die Bekleidung eines Individuums einen mittelbaren Einfluss auf die thermischen Bedingungen des Innenraums ausübt, die Merkmalsausprägungen der Bekleidung jedoch gleichzeitig durch überindividuelle Nutzungssysteme beeinflusst werden. Dies geschieht - grob zusammengefasst - indem die Bekleidung des Individuums Einfluss auf den physischen Zustand des Individuums ausübt (z.B. schützt die Kleidung vor Wärmeverlusten) und indem dieser physische Zustand wiederum den mentalen Zustand des Individuums beeinflusst (z.B. das Empfinden von Kälte oder Wärme). Bewertet das Individuum diesen mentalen Zustand als unangenehm, führt es u.U. eine Handlung durch, die den thermischen Zustand des Raums verändert (z.B. Einschalten der Heizung, Öffnen des Fensters). Welche Kleidung das Individuum trägt, unterliegt jedoch häufig mehr oder minder strengen Normierungen durch das überindividuelle Nutzungssystem, an dem das Individuum gerade teilnimmt. Während der Arbeit kann das Individuum beispielsweise Arbeitskleidung tragen (z.B. Schutzkleidung oder Uniform) und im Schwimmbad trägt es zweckmäßigerweise eine Badehose oder einen Badeanzug.

Um diesen normativen Einfluss durch überindividuelle Nutzungssysteme auf diese verschiedenen Merkmalsausprägungen beschreiben zu können, müssen diese Merkmale also vorab eingeführt worden sein. Diese Normierung wird jedoch nicht als eine wechselseitige Interrelation aufgefasst, da die Wirkung primär von den überindividuellen Nutzungssystemen ausgeht und auf die übrigen Bereiche einwirkt. Die Beschreibung dieses Zusammenhangs erfolgt daher erst in Abschnitt 4.3.12 auf Seite 179.

In allen Abschnitten erfolgt der Bezug auf die quasi-reale Tagesabläuferzählung primär mittels Tabellen. Das Prinzip dieser Tabellen besteht darin, ein Merkmal in der linken Spalte zu bezeichnen und in der rechten Spalte beispielhafte Textauschnitte aus der Tagesabläuferzählung als Hinweis auf die Existenz dieses Merkmals zu zitieren. An verschiedenen Stellen ist die Textausbeute aus dem Primärtext jedoch gering, sodass das Erstellen einer Tabelle nicht unbedingt vorteilhaft ist. In diesen Fällen erfolgt ein *kursiv gekennzeichnetes* Zitat innerhalb des Fließtextes.¹

Verschiedene Begriffe werden in den kommenden Abschnitten **fett gekennzeichnet**, sofern sie als zentral für das weitere Verständnis des Textes betrachtet werden. Diese deutliche, aus dem übrigen Text herausstechende Kennzeichnung dient außerdem der visuellen Orientierung innerhalb einzelner Abschnitte.

Zur Förderung des Verständnisses des gesamten Zusammenhangs werden an verschiedenen Stellen des Textes grafische Darstellungen verwendet. Speziell für die Darstellung der taxonomischen und der ontologischen Zusammenhänge - nicht jedoch für einfachere Nebendarstellungen - kommen dabei durchgehend die Prinzipien der Unified Modelling Language (UML) zur Anwendung. Dabei werden für die einzelnen Kategorialbereiche jeweils eigene Farben verwendet, sodass die Bereiche visuell gut voneinander getrennt werden können. Die Begründung für die Verwendung von UML, deren Prinzipien und Darstellungsarten werden nachfolgend erläutert.

4.3.2 Verwendung von UML zur grafischen Darstellung der Realitätsstruktur

Für die grafische Darstellung der Realitätskomponenten der verschiedenen kategorialen Grundbereiche und ihrer Interrelationen wird die Unified Modelling Language (UML) verwendet. UML ist ein Entwurfswerkzeug aus der objektorientierten Programmierung, mithilfe dessen verschiedenste Aspekte des Softwareentwurfs durch unterschiedliche Diagrammtypen dargestellt werden können. Für diese Arbeit wird der Typ des Klassen-

¹ Die Realitätserzählung stellte sich im Zuge der Systematisierung als außerordentlich ergiebig heraus, sodass die vier Kategorialbereiche und ihre Zusammenhänge sehr umfangreich beschrieben werden konnten. Dennoch wurden - trotz der sehr verdichteten Realitätserzählung - bestimmte Beschreibungslücken erkennbar, deren Schließen wünschenswert und z.T. notwendig war. Eine entsprechende, rückwirkend vorgenommene Anpassung der Realitätserzählung schloss sich jedoch aus, da dabei die Systematik des Vorgehens unterlaufen worden wäre. Daher werden die Ergebnisse der Analyse der Realitätserzählung an verschiedenen Stellen der folgenden Abschnitte durch zusätzliche Alltagsbeschreibungen ergänzt. Diese Ergänzungen sind jedoch von der gleichen Art wie die Beschreibungen in der Tagesabläuferzählung und könnten ohne Weiteres in einer anderen „subjektiven Realitätserzählung“ auftauchen. Die Gesamtsystematik bewahrt somit ihre Konsistenz.

diagramms verwendet. Dieses dient dazu, „fachliche Begriffsmodelle darzustellen“ und „die Struktur eines Lösungskonzeptes abzubilden“ ([Oesterreich 2009]). Die Verwendung der UML-Notation bietet sich aus verschiedenen Gründen an:

- Als Entwurfswerkzeug der OOAD (Objektorientierte Analyse und Design) bietet sie ausgereifte formale Möglichkeiten, unterschiedliche Teile eines Ganzen und deren Zusammenhangspfade darzustellen.
- Modelle, die für diese Arbeit programmiert werden müssen, werden voraussichtlich in C++ geschrieben, eine objektorientierte Programmiersprache.
- Das Modellierungsverfahren von TRNSYS - als einem der mächtigsten und in der Wissenschaft weit verbreiteten Berechnungswerkzeuge für die dynamische Gebäudesimulation - ähnelt durch seine Type-Struktur mit Inputs und Outputs stark einer objektorientierten Strategie.

Die Verwendung von UML-Modellierungsstrategien zur Darstellung des Gesamtzusammenhangs fördert daher die Zusammenführung der sehr unterschiedlichen Konzepte aus den Bereichen der Gebäudetechnologie, der Psychologie und der Programmierung.

Um dem Leser den für diesen Abschnitt notwendigen Überblick über die formalen Aspekte der UML zu geben, werden einige Erläuterungen vorausgeschickt. Sie basieren vorwiegend auf [Oesterreich 2009]. Die nachfolgend erläuterten Notationen sind in Abbildung 10 auf Seite 76 grafisch dargestellt.

Die rechteckigen Elemente in der verwendeten UML-Darstellung stellen *Klassen* dar. Sie fungieren in der objektorientierten Programmierung als Datentypen, die daraus abgeleiteten Variablen werden *Objekte* genannt. Ein Objekt *x* ist also vom Typ der Klasse *y* und stellt somit eine Instanz dieser Klasse dar. Mehrere Instanzen können gebildet werden, die Klasse als übergeordnetes, strukturdefinierendes Element ist jedoch einmalig. Klassen können nach außen gekapselt werden und sind somit in sich abgeschlossene Einheiten mit einer für andere Klassen unsichtbaren Binnenstruktur. Diese Binnenstruktur besteht i.d.R. aus **Attributen** (Merkmalsvariablen) und aus **Methoden** (Operationen), sodass Inputs einer Klasse mithilfe dieser Binnenstruktur prozessiert und zu Outputs verarbeitet werden können. Der Name der Klasse taucht im oberen Drittel des Rechtecks auf, Attribute und Methoden werden im mittleren bzw. unteren Feld des Klassensymbols aufgeführt. Es ist eine Frage der Modellierungsstrategie, ob Attribute als ein unmittelbarer Teil einer Klasse angesehen werden oder ob ihnen eine eigene Klassenidentität mit eigenen Attributen und Operationen zugesprochen wird. Falls Attribute in selbstständiger Relation zu anderen Klassen stehen, ist es jedoch erforderlich, sie entsprechend unabhängig in einem UML-Diagramm darzustellen.

„Analyse“-Klassendiagramme verzichten i.d.R. auf die Darstellung von Methoden. Sie werden in der frühen Phase der Analyse (im Zuge des OOAD-Prozesses) eingesetzt. Somit wird auch hier - ohne Nachteile für das Verständnis des Gesamtzusammenhangs - vollständig auf die Darstellung von Methoden innerhalb der Klasse verzichtet. Attribute werden außerdem grundsätzlich als eigenständige Klassen dargestellt.

Klassen bzw. Objekte kommunizieren über definierte Schnittstellen mit anderen Klassen/ Objekten und tauschen darüber Inputs und Outputs miteinander aus. Diese Kommunikationswege werden im Klassendiagramm durch Verbindungslinien zwischen den Klassen dargestellt. Sie werden generell als **Assoziationen** bezeichnet und verfügen über verschiedene Eigenschaften. Dazu zählt vor allem der *Name* der Assoziation, welcher die Art der Beziehung der verbundenen Klassen näher beschreibt („Worin besteht die Beziehung?“). Zur Verbesserung der Eindeutigkeit kann der Name mit einer *Leserichtung* versehen werden. Eine Pfeilspitze hinter dem Namen zeigt dann diese *Leserichtung* an, sodass die Beziehung richtungseindeutig ist. Am Ende der Assoziationsverbindungen können *Multiplizitäten* aufgeführt sein, d.h. die mögliche Anzahl an Instanzen, die miteinander kommunizieren können (0, 1 oder * für „beliebig“). Zusätzlich besteht die Option, die Enden der Assoziationsverbindung mit *Rollennamen* zu versehen. Sie beschreiben die Rolle, welche die angrenzende Klasse für die gegenüberliegende Klasse einnimmt. Von der Leserichtung zu unterscheiden ist die *Navigationsrichtung*. Sie beschreibt, welches Objekt im Rahmen des Programmablaufs auf die Daten welchen Objekts zugreifen kann und wird durch eine offene Pfeilspitze am Ende der Assoziationsverbindung dargestellt.

Assoziationen können bi-direktional sein. In dem Fall können beide Objekte jeweils auf Daten des anderen Objekts zugreifen.

Die Festlegung eines Großteils der hier beschriebenen Informationen (Assoziationsname, Multiplizität, usw.) ist auf dem Abstraktionsgrad dieser Projektphase nicht notwendig und würde überdies vermutlich zu einer nicht förderlichen Einengung der weiteren Projektentwicklung führen. Auf diese Informationsangaben wird also in diesem Abschnitt verzichtet. Mithilfe der **Navigationsrichtung** - ausgedrückt durch den Pfeil am Verbindungsende - lassen sich jedoch taxonomische Beziehungen einfach darstellen. Dies ist eine wesentliche Absicht dieses Abschnitts, sodass von dieser Option Gebrauch gemacht werden wird.

Für spezielle Abhängigkeiten zwischen Klassen, die über die bloße Assoziation hinausgehen, existieren entsprechend spezielle Schnittstellen. Setzt sich die Klasse strukturell aus mehreren Einzelementen zusammen, so kann dieser Zusammenhang durch eine spezielle Assoziation - die **Aggregation** - dargestellt werden („Teil-Ganzes“-Beziehung). So besteht z.B. ein Unternehmen aus Abteilungen und diese Abteilungen aus Mitarbeitern, wobei das Unternehmen das Aggregat der Abteilungen und eine Abteilung das Aggregat der Mitarbeiter ist. Eine Aggregation wird durch eine offene Raute auf der Seite des Ganzen, also der Aggregation, symbolisiert.

Die **Komposition** stellt wiederum eine besondere Form der Aggregation dar, weist jedoch einen elementaren Unterschied auf. Dieser Unterschied besteht in der Existenzbedingung: Während die Teile einer Aggregation auch ohne die Aggregation existieren können, verlieren die Teile einer Komposition ihre Existenz mit der Beendigung des Ganzen. Ein Gebäude ist also die Komposition seiner Räume, da die Räume ohne Gebäude ihre Existenz verlieren.

Im Rahmen der hier adaptierten UML-Darstellungsformen werden diese Beziehungen grundsätzlich als Aggregation, symbolisiert durch eine offene Raute, dargestellt. Wie am Beispiel des Gebäudes gezeigt, liegen vermutlich auch Kompositionen vor, diese Unterscheidung ist jedoch ohne Bedeutung für das hier behandelte Problemfeld. Die Symbolik wird daher im Sinne einer besseren Verständlichkeit auf das Notwendige begrenzt.

Übergeordnete Klassen können außerdem **Generalisierungen** von Elementen spezifischer Ausprägung darstellen („ist-ein“-Beziehung). Dabei sind die untergeordneten Klassen dann **Spezialisierungen** der übergeordneten Klassen. Beispielsweise ist ein Gebäude die Generalisierung der speziellen Gebäude „Schulgebäude“, „Kirche“ oder „Sporthalle“.

Spezialisierungen verfügen über die Attribute und Methoden der übergeordneten Klasse (Spezialisierungsvererbung), spezifizieren sich jedoch zusätzlich durch eigene Attribute. Die hier beschriebene Beziehung wird durch eine geschlossenen Pfeilspitze symbolisiert, die auf das generalisierende Element zeigt.

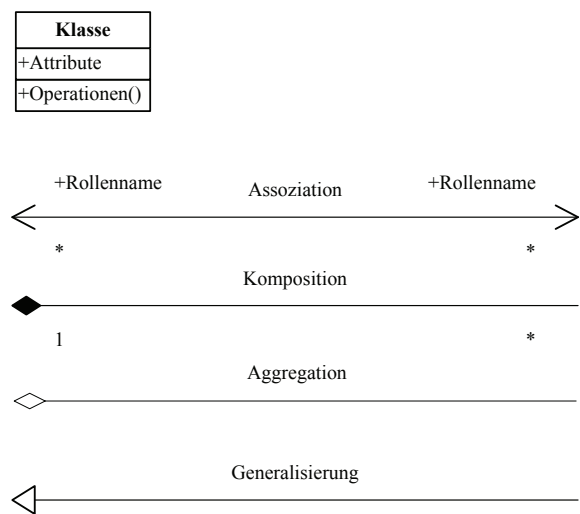


Abbildung 10 Darstellung der UML-Notationen für Klassendiagramme.

4.3.3 Taxonomisierung des Bereichs „Umgebungsbedingungen“

Die Realitätsordnung beginnt - wie oben argumentativ begründet - mit der Darstellung der Umgebungsbedingungen. Damit sind insbesondere jene Bedingungen gemeint, die in den statistischen Modellen der existierenden Modelle als maßgebliche, unabhängige Variablen verwendet werden. Ihre Merkmale werden - wie einleitend erläutert - dargestellt, indem tabellarisch oder durch Zitat auf den Primärtext verwiesen wird. Gelegentlich treten dabei einzelne Textausschnitte in verschiedenen Tabellen unter verschiedenen Merkmalsbezeichnungen auf. Das liegt entweder daran, dass die zitierten Textausschnitte ausreichend lang sein müssen, um verständlich zu sein und somit tatsächlich zwei Merkmale in einem Textausschnitt auftreten (dann erfolgen jedoch **Kennzeichnungen** der relevanten Stellen), oder daran, dass Unterkategorien von Merkmalen gebildet, und die Merkmalsausprägungen dort in einem zweiten Schritt verfeinert zugeordnet werden.

4.3.3.1 Arten von Umgebungsbedingungen

In der Realitätserzählung werden Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Schall oder Licht an zahlreichen Stellen erwähnt. Diese physikalisch und chemisch beschreibbaren Bedingungen sind in der gesamten Umwelt vorhanden und unterliegen sowohl natürlichen als auch durch menschlichen Eingriff bedingten Veränderungsprozessen. Die gezielte Veränderung dieser Umgebungsbedingungen im Aufenthaltsbereich des Individuums ist ein Ziel der Aktivitäten des Individuums.²

Diese Umgebungsbedingungen müssen nun anhand der oben ausgeführten Realitätserzählung taxonomisch geordnet werden. Die Tabelle 03 und die Tabelle 04 auf Seite 78 zeigen beispielhaft Textausschnitte, die auf **energetische und materielle Umgebungsbedingungen** objektiv Bezug nehmen. Dabei muss die Tabelle 04 noch um den Begriff „Luftfeuchte“ ergänzt werden, eine Umgebungsbedingung, die zwar in der Realitätserzählung nicht konkret erwähnt wird, die erfahrungsgemäß im Zusammenhang mit „schwül-warmem“ Wetter jedoch auftritt. Unter materiellen Umgebungsbedingungen werden dabei diejenigen Umgebungsbedingungen zusammengefasst, die eine materielle Eigenschaft aufweisen und die vorwiegend konvektiv transportiert werden („Luft“ stellt dabei selber Materie dar). Energetische Umgebungsbedingungen hingegen sind immateriell und zeichnen sich lediglich durch ihre Energieart und ihren Energiegehalt aus.

Tabelle 03

Beispielhafte Textausschnitte zur Beschreibung materieller Umgebungsbedingungen.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Bewölkung	„... ein relativ klarer , wenig bewölkt er Tag ...“ „Der Himmel ist eher bewölkt ...“ „... lockert die Bewölkung auf und die Sonne kommt raus ...“ „... da ich sehe, dass der Himmel total zugezogen ist und die Sonne vermutlich nicht mehr rauskommt ...“
Niederschlag	„... oder es dann doch noch reinregnet .“ „... dass sich ein Gewitter ankündigt ...“ „... und dass es während meiner Abwesenheit nicht durch das Fenster in den Raum regnet .“ „Immerhin ist das oberste Fenster durch einen Mauervorsprung einigermaßen vor Regen geschützt.“
Wind	„... denn es ist mittlerweile Wind aufgekommen.“ „Wegen des starken Winds außen ...“ „... damit Windböen nicht ungehindert eindringen ...“ „... je nach Wind- und Regenverhältnissen ...“
Luftbewegung	„... in der von außen einströmenden, i.d.R. kälteren Luft zu sitzen ...“ „... und somit ein Durchzug entsteht.“ „... ein wenig Luftbewegung abzubekommen und damit einen kühlenden Luftzug zu spüren ...“
Luftqualität	„Wieder im Büro angekommen stelle ich fest, dass die Luft dort schlecht ist ...“ „... dass jetzt genügend frische Luft im Raum sein sollte ...“ „... weil ich die Luftqualität nicht mehr mag ...“

² Die hier angedeuteten Interrelationen werden in späteren Kapiteln systematisch analysiert und dargestellt.

Tabelle 04

Beispielhafte Textausschnitte zur Beschreibung energetischer Umgebungsbedingungen.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Temperatur	„Die Temperaturanzeige des Innenraumthermometers bestätigt ...“ „... der Raum nachts stark auskühlt ...“; „Ich checke also die Außentemperatur über mein Thermometer ...“ „... im Vergleich zu den Außentemperaturen ...“
Sonnenstrahlung	„... scheint also die Sonne direkt auf meinen Schreibtisch ...“ „Häufig tritt die Strahlung jedoch so intensiv durch die Verglasung ...“ „... sodass mich die wenig intensiven Sonnenstrahlen ...“ „... sodass die Strahlen mich nicht mehr direkt erreichen (ich sitze sozusagen im Schatten der Außenwand)“ „Die Sonne scheint außerdem schon lange nicht mehr in mein Zimmer ...“ „ Direkte Sonne bekommt der Raum daher nicht ab ...“
Licht	„... aber dennoch genügend Licht eintritt ...“ „... das Sonnenlicht im Raum ...“ „... lesen will brauche ich mehr Licht .“ „... denn der Flur ist durch das Tageslicht so hell ...“
Schall	„... und dabei möglichst viel Lärm zu produzieren.“ „... mich Verkehrs- und Baustellengeräusche im Schlaf nicht so sehr, Unterhaltungen , denen ich gedanklich folgen kann ...“ „Hält mich dann der Lärm vom Schlafen ab ...“

Die Differenzierung zwischen den materiellen Bedingungen „Wind“ und „Luftbewegung“ ist einen gesonderten Hinweis wert. Die Begriffe werden in einem unterschiedlichen Kontext verwendet, obwohl sie aus physikalischer Sicht eng verwandte Phänomene sind: In beiden Fällen handelt es sich um Bewegungen von Luftmolekülen, der Begriff „Wind“ wird jedoch nicht für Räume in Gebäuden, sondern lediglich für Wetterbedingungen außerhalb des Gebäudes verwendet.

Weitere Beachtung erfordert die Erwähnung von Luft und der Beschreibung ihrer Qualität. Aus objektiver Sicht kann Luft mit den verschiedensten Stoffen befrachtet sein: Geruchsstoffe, Kohlendioxid, Partikel, usw. In der Realitätserzählung wird hinsichtlich der Luftqualität jedoch im Prinzip lediglich zwischen „gut“ und „schlecht“ differenziert, also durch ein sehr vages, subjektives Maß. Die alltägliche Beobachtung zeigt natürlich, dass auch differenziertere Beschreibungen wie „es riecht unangenehm“ oder „es ist muffig“ zu den üblichen Beschreibungen der Luftqualität gezählt werden können. Diese weisen jedoch gleichzeitig auch eine Tendenz zur Bewertung auf. Die Arbeitsannahme scheint daher berechtigt zu sein, dass es für die Qualität von Luft eine Reihe unterschiedlicher Beschreibungskategorien gibt, die jedoch nicht losgelöst von der menschlichen Sensorik analysiert werden können (während es sich bei den übrigen materiellen und energetischen Umgebungsbedingungen um objektiv messbare Größen handelt).

4.3.3.2 Variabilität der Intensität von Umgebungsbedingungen

Diese Umgebungsbedingungen liegen nicht einfach in einer unveränderbaren Form vor. Stattdessen werden die Umgebungsbedingungen mit variierenden **Intensitäten** wahrgenommen. Die Realitätserzählung weist entsprechend bei einer Reihe der Umgebungsbedingungen darauf hin, dass **quantifizierbare** Intensitätsunterschiede vorliegen.³ Eine Ausnahme bilden dabei jedoch die Eigenschaften der Luft, für die lediglich qualitative Aussagen getroffen werden (vergleiche vorhergehenden Absatz). Diese sind jedoch - dadurch, dass sie bereits eine subjektive Bewertung beinhalten - mit einer Art Quantifizierung versehen: eben mit einem weniger oder mehr an Qualität, z.B. „schlechte Luft“ oder „wenig frische Luft“. Einige Beispiele zu Intensitätsangaben sind in Tabelle 05 aufgeführt.

Die Intensitätseigenschaft von Umgebungsbedingungen wirft darüber hinaus die Frage auf, ob diese Intensitäten regelmäßigen **Veränderungsprozessen über die Zeit** unterliegen. Tatsächlich werden zeitliche Ver-

³ Da in diesen Ausführungen grundsätzlich von der subjektiven Wahrnehmung durch das Individuum die Rede ist, ist der Begriff „quantifizierbar“ nicht im Sinne einer numerischen Quantität zu verstehen, sondern im Sinne eines subjektiven „mehr“ im Vergleich zu „weniger“.

änderungen in der Realitätserzählung durch Begriffe wie „*mittlerweile*“ (in Bezug auf z.B. „*ist Wind aufgekommen*“, „*ist es auch schon warm genug*“ oder „*ist die Sonne weitergewandert*“), „*während*“ (in Bezug auf „*der Abwesenheit*“ oder „*der Arbeit*“) oder gezielte Prozessbeschreibungen („*sehe, dass Gewitterwolken aufziehen*“) beschrieben.

Tabelle 05
Beispielhafte Textausschnitte zur Beschreibung von Intensitätseigenschaften von Umgebungsbedingungen.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Intensitätseigenschaften	Temperatur: „... und die Temperaturen steigen “; Sonne: „... die wenig intensiven Sonnenstrahlen ...“, „ Direkte Sonne bekommt der Raum daher nicht ab ...“; „Häufig tritt die Strahlung jedoch so intensiv durch die Verglasung ein ...“ Licht: „... brauche ich mehr Licht.“; „... um mehr Licht zu haben.“ Schall: „... möglichst viel Lärm zu produzieren ...“ Bewölkung: „... ein relativ klarer, wenig bewölkter Tag ist ...“; „Der Himmel ist eher bewölkt ...“; „... dass der Himmel total zugezogen ist ...“ Niederschlag: „... je nach ... Regenverhältnissen ...“; „... bei schwachem Regen ...“; „... in einer Gewitternacht mit Schauern ...“ Wind: „... einer Gewitternacht mit ... Sturm ...“; „Wegen des starken Winds außen ...“; „... bei schwachem Regen ohne Wind ...“ Luftbewegung: „... ein wenig Luftbewegung abzubekommen ...“; „... sodass ich Durchzug bekomme ...“

In der Realitätserzählung finden sich entsprechende Hinweise auf den Rückgriff auf solche Regelmäßigkeiten. Die Analyse zeigt, dass drei unterschiedliche, zeitliche Muster differenzierbar sind. **Periodische Abfolgen** lassen sich bei den Jahreszeiten (Winter/ Sommer) aber auch für den Tagesgang der Temperaturen oder der Strahlung feststellen. Andere Umgebungsbedingungen treten insbesondere zu bestimmten, regelmäßigen Zeiten auf (Berufsverkehr, Publikumsverkehr). Über befristete Zeiträume liegen jedoch auch **konstante Zustände** vor. Hierzu können z.B. Großwetterlagen zählen (z.B. mit konstant warmen Temperaturen, konstant klarem Himmel über mehrere Tage) aber auch kürzere Zeitabschnitte mit eindeutigen Zuständen (z.B. ein bereits seit dem Morgen zugezogener Himmel lässt abends keinen Sonnenschein erwarten). Für wieder andere Zustandsänderungen lassen sich jedoch keine Regelmäßigkeiten feststellen, sodass die **Zustände stochastisch** verteilt sind. Neben den in Tabelle 06 aufgeführten Beispielen können dazu z.B. auch chaotisch erscheinende Wetterlagen zählen. Diese können wiederum, wie es z.B. in Bauernregeln dem April nachgesagt wird, periodisch auftreten.

Tabelle 06
Beispielhafte Textausschnitte zu den charakteristischen Intensitätsabläufen von Umgebungsbedingungen.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
periodische Abfolgen	„... im Winter eine dickere Bettdecke als im Sommer ...“ „Wenn mein Arbeitstag morgens beginnt ... dann scheint also die Sonne direkt auf meinen Schreibtisch“ „ Mittlerweile ist die Sonne aber weitergewandert ...“; „... dadurch, dass die Sonne noch weitergewandert ist ...“ „... es geht auf den Nachmittag zu und die Temperaturen steigen ...“ „... vor allem während des Berufsverkehrs morgens und abends ...“ „... der Raum hat sich - einem Eckraum entsprechend - im Tagesverlauf aufgewärmt.“ „... zeigt Richtung Westen ..., sodass ... die Sonne um diese Zeit direkt in die Wohnung scheint.“ „ Je nach Wochentag gibt es also einen relativen starken Publikumsverkehr ...“
konstante Zustände	„... ich schließe aus der Tatsache dass es letzte Nacht nicht geregnet hat einfach, dass es diese Nacht wohl auch nicht regnen wird ...“ „... dass es morgen genauso warm wird wie heute ...“
stochastische Abfolgen	„... damit Windböen nicht ungehindert eindringen ...“ „... an den immer mal wieder durchgeführten Bauarbeiten ...“

Die Darstellungen zur **Periodizität** erfordert die Analyse der **Häufigkeit**, mit der diese Zyklen durchlaufen werden und somit vergleichbare Zustände immer wieder eintreten. Diese lässt sich durch die Periodenlänge darstellen und wird als Gang beschrieben. Natürliche Prozesse sind dabei häufig einem unveränderbaren

Muster unterworfen. Der Sonnenstand verläuft sowohl in einem Tages- als auch in einem Jahresgang, sodass der Alltagsmensch intuitiv Klarheit darüber hat, dass die Sonne täglich untergehen wird, dies aber im Sommer zu einem späteren Zeitpunkt als im Winter geschehen wird. Menschlich verursachte Zustände sind hingegen kulturell bedingt und unterliegen damit keinen eindeutigen physikalischen Gesetzmäßigkeiten (Verkehrslärm tritt in Abhängigkeit der Arbeitszeiten, der Verteilung von Arbeits- und Feiertagen, usw. auf). **Konstante Zustände** erfordern die Differenzierung hinsichtlich der **Dauer des Auftretens**.

Einzelne Intensitätswerte lassen sich durch ihre **zeitliche Verortung** innerhalb der charakteristischen Ablaufstrukturen feststellen. Dabei lassen sich **aktuelle, vergangene** und **zukünftige Zustände** unterscheiden.

4.3.3.3 Interrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen der Umgebungsbedingungen

Das Aufdecken von Interrelationen ist ein wesentlicher Zweck des in diesem Abschnitt 4 durchgeführten Arbeitsschrittes. Nur durch die Analyse der Interrelationen lässt sich der vielfach zitierte und geforderte Kontext objektiv darstellen, sodass er für ein Modell zur Beschreibung des Nutzerverhaltens herangezogen werden kann. Interrelationen bestehen jedoch nicht nur zwischen den Kategorialbereichen, sondern auch innerhalb einzelner Bereiche. Die im vorhergehenden Abschnitt aufgezeigten zeitlichen Regelmäßigkeiten können z.B. aus der Perspektive der Interrelation betrachtet werden. Zwischen dem Intensitätszustand einer Umgebungsgröße der Gegenwart und demjenigen der Vergangenheit und der Zukunft besteht i.d.R. eine Interrelation, die auf der Regelmäßigkeit der Intensitätsveränderung beruht. Zwischen dem gegenwärtigen Zustand „die Sonne ist soeben hinter dem Horizont verschwunden“ und dem vergangenen Zustand „die Sonne steht bereits tief“ besteht ein kausaler Zusammenhang, der auf der Erdrotation beruht. Da die Erdrotation kein Zufallsprodukt ist, bedingt der vergangene Zustand den gegenwärtigen Zustand. Diese Betrachtungsweise lässt sich auch auf die anderen identifizierten zeitlichen Regeln erweitern. Unter der Voraussetzung, dass eine Großwetterlage vorliegt, besteht z.B. eine Interrelation zwischen dem Sonnenschein heute und dem Sonnenschein morgen („... *ich schließe aus der Tatsache, dass es letzte Nacht nicht geregnet hat einfach, dass es diese Nacht wohl auch nicht regnen wird* ...“). Natürlich besteht auch die Möglichkeit, dass trotz der bisherigen Großwetterlage der Tag morgen bewölkt ist, sicher ist jedoch, dass die Sonne innerhalb eines bestimmten Zeitraums hinter dem Horizont verschwinden wird, sofern sie gerade im Begriff ist, unterzugehen. Die hier beschriebenen, **zeitbezogenen Interrelationen** sind somit **unterschiedlich gefestigt**.⁴

Interrelationen bestehen darüber hinaus zwischen der Intensität unterschiedlicher Umgebungsbedingungen zum gleichen Zeitpunkt. Am offensichtlichsten wird diese Art Interrelation bei der gemeinsamen Betrachtung der Umgebungsbedingung „Bewölkung“, „Niederschlag“ und „Sonnenschein“. Das Auftreten von Niederschlag korrespondiert tendenziell mit einem hohen Bedeckungsgrad, während Sonnenschein eher mit einem niedrigen Bedeckungsgrad korrespondiert („... *der Blick zum Himmel bestätigt, dass sich ein Gewitter ankündigt* ...“, „... *dass Gewitterwolken aufziehen, ... , dass es regnen wird* ...“). Fällt Niederschlag als Schnee, ist dies üblicherweise mit Temperaturen um oder unter null Grad verbunden, Gewitter tritt häufig gemeinsam mit starkem Wind und intensivem Regen auf, u.Ä. Diese Beispiele zeigen, dass diese Art Interrelation eine Rolle im alltäglichen Leben spielt.

4.3.3.4 Die Taxonomie der Umgebungsbedingungen in der Übersicht

Für den Bereich „Umgebungsbedingungen“ werden nachfolgend all jene Merkmale in einer übersichtlichen Gesamttaxonomie zusammengefasst, die sich aus der Realitätserzählung ableiten lassen und somit vermutlich psychologische Relevanz besitzen. Dieser Abschnitt umfasst jedoch nicht die Gesamtheit aller denkbaren - und im Zusammenhang mit der Durchführung von Gebäudesimulationen erforderlichen - Merkmale der Umgebungsbedingungen, sondern eben jene, für die aufgrund der Realitätserzählung ein Zusammenhang mit den psychologischen Systemen „Individuum“ und „überindividuelle Nutzungssysteme“ vermutet werden kann.

⁴ Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich hierbei um Interrelationen handelt, die der Alltagsmensch gemäß der Realitätserzählung durch sein alltägliches Erleben seiner Umwelt zur Kenntnis nimmt bzw. nehmen kann. Die wissenschaftlich-meteorologischen Interrelationen, die auf der Basis physikalischer Gesetzmäßigkeiten zwischen Umgebungsbedingungen auftreten, spielen in diesem Kontext eine nachgeordnete Rolle.

Art der Umgebungsbedingung

materielle Umgebungsbedingungen

Typen

Bewölkung, Luftströmung, Wind/ Windböen, Regen/ Gewitter, Luftqualität, (Luftfeuchte)

energetische Umgebungsbedingungen

Typen

Temperatur, Sonnenstrahlung als Wärmequelle, Sonnenstrahlung als Lichtquelle/ Tageslicht, Lärm

Intensität

charakteristische Abläufe

Typen

Tagesverlauf, Jahresverlauf

Häufigkeit

Dauer

Regelmäßigkeit

Typen

periodische Abfolgen

konstante Zustände

stochastische Abfolgen

zeitliche Verortung

aktueller Zustand

zukünftiger Zustand

vergängerer Zustand

Interrelationen

zwischen vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Zuständen

zwischen Intensitäten verschiedener Umgebungsbedingungen

Nachfolgend ist diese taxonomische Ordnung grafisch in einer UML-Struktur dargestellt. Die dabei verwendeten **Pfeilarten** symbolisieren unterschiedliche **Bedeutungen**: **Offene Pfeilspitzen** verweisen auf allgemeingültige Merkmale bzw. Submerkmale übergeordneter Merkmale. Z.B. weisen die Umgebungsbedingungen die Merkmale „Intensität“ und „Art“ auf (*alle* Umgebungsbedingungen lassen sich durch diese beiden Merkmale beschreiben). **Geschlossene Pfeilspitzen** symbolisieren hingegen Generalisierungen bzw. Spezialisierungen. Dabei zeigt die Pfeilspitze auf die generelle Bezeichnung, wobei der Pfeil von der spezialisierten Bezeichnung ausgeht. So ist eine Umgebungsbedingung *entweder* materieller *oder* energetischer Art, nicht jedoch beides gleichzeitig. Näherungsweise lässt sich diese Beziehung auch im Sinne von „Typus von“ lesen. Für die Merkmale von Umgebungsbedingungen wird hier und in allen folgenden Darstellungen die **Farbe Grün** verwendet.

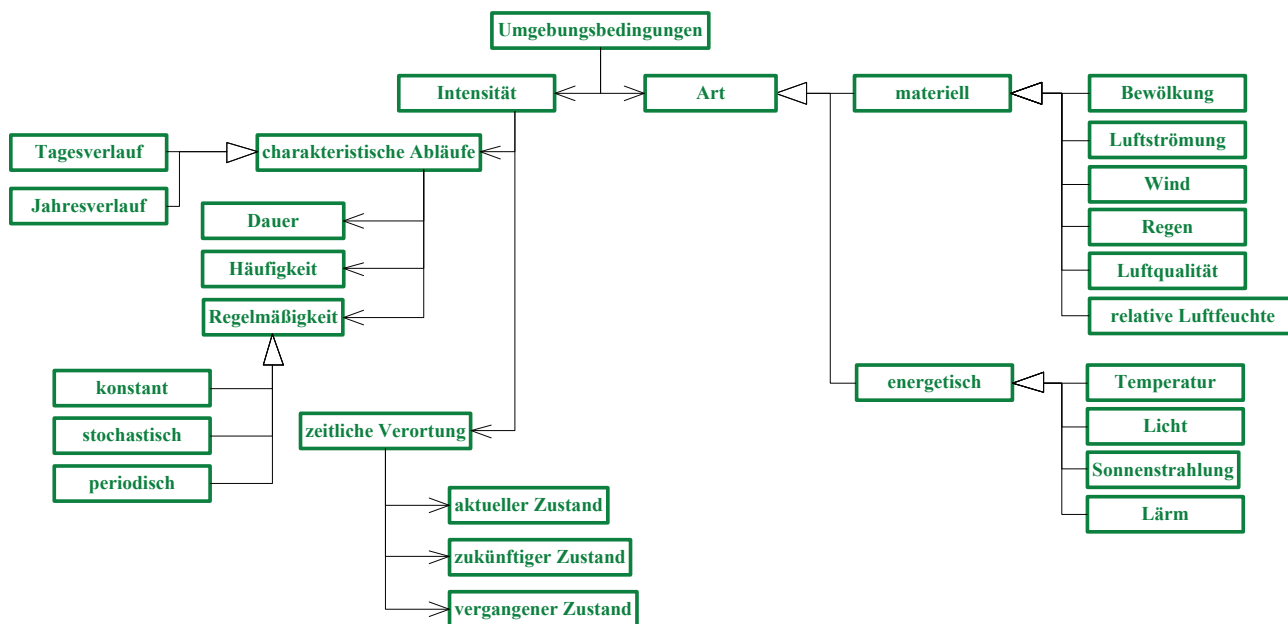


Abbildung 11
Grafische Darstellung der Taxonomie der Umgebungsbedingungen.

4.3.4 Taxonomisierung des Bereichs „Gebäude“

In den nun folgenden Unterabschnitten soll der Bereich „Gebäude“ auf der Basis der Realitätserzählung analysiert und taxonomisiert werden. Zu dem Kategorialbereich „Gebäude“ wird im Zuge dieser recht groben, vierteiligen Grundkategorisierung alles **Gegenständliche** gezählt, das entweder direkt zur Bausubstanz oder im weitesten Sinne zur Gebäudeausstattung zählt. Somit werden Bauteile wie z.B. Decken, Wände und Fenster, aber auch Einrichtungsgegenstände wie Tische und Stühle und Nutzungsgegenstände wie das Schreibpapier oder der Computer unter dem Überbegriff „Gebäude“ zusammengefasst.

Um vorhersehbaren Missverständnissen vorzubeugen, soll an dieser Stelle jedoch noch einmal klar herausgestellt werden, welche Funktion dieser Realitätserzählung und der darauf basierenden „naiven“ Taxonomie zugeordnet ist und welche nicht: Sie dient primär dazu, die Realitätsaspekte aus Sicht des Individuums - eben repräsentiert durch die Realitätserzählung - hinsichtlich ihrer Relevanz für das Handeln des Nutzers zu analysieren und dabei zu taxonomisieren. Das Vorgehen versetzt grundsätzlich in die Lage, diejenigen Aspekte aufzuzeigen, die durch das Individuum unmittelbar als relevant wahrgenommen werden können, also jene Aspekte seiner Umwelt, die psychologisch relevant sind. Gleichzeitig muss jedoch klar sein, dass das Gebäude nicht allein aufgrund seiner psychologischen Relevanz taxonomisiert werden muss, sondern ebenfalls aufgrund seiner **objektiven bauphysikalischen Eigenschaften** (da diese energetisch relevant sind und in der Gebäudesimulation benötigt werden). Eine größere Anzahl von Gebäudemerkmale spielt zwar sowohl aus der Sicht psychologischer als auch aus der Sicht bauphysikalischer Betrachtungsweisen eine Rolle (z.B. das Geschoss in dem die Aktivitäten stattfinden). Andere Merkmale sind jedoch in ihrer unmittelbaren Konkretheit lediglich aus bauphysikalischer Sicht bedeutend (z.B. die konkrete Dämmqualität der Gebäudefassade, der konkrete Strömungswiderstand des Fensters oder der konkrete solare Transmissionsgrad der Verglasung). Die Konsequenzen aus Variationen dieser Merkmale sind für das Individuum zwar spürbar (z.B. dadurch, dass sich Räume schneller oder langsamer abkühlen oder aufwärmen), eine fachlich kompetente Zuordnung dieser Konsequenzen zu Gebäudemerkmale kann beim Alltagsmenschen jedoch plausiblerweise nicht vermutet werden. Somit ergibt sich auch keine unmittelbare Relevanz aus diesen Eigenschaften für die Aktivitäten des Individuums. Es gilt also, zwischen einer **Fachtaxonomie** und einer „naiven“ **Taxonomie** des Gebäudes klar zu unterscheiden. Erstere ist für die Darstellung objektiver bautechnischer Aspekte erforderlich, erfasst jedoch

auch Gebäudemerkmale, die keinen unmittelbaren psychologischen Bedeutungsinhalt aufweisen. Diese Art der Taxonomisierung wird beispielsweise benötigt, um die objektiven thermodynamischen Prozesse innerhalb eines Gebäudes abzubilden und stellt somit die Grundlage für Berechnungswerkzeuge wie z.B. TRNSYS dar. Diese Taxonomisierung ist jedoch nicht der Gegenstand dieser Arbeit. Der Gegenstand dieser Arbeit zielt stattdessen genau auf den psychologischen Bedeutungsinhalt ab. Die nun folgende Taxonomisierung des Gebäudes erfolgt daher unter Berücksichtigung derjenigen objektiven Gebäudemerkmale, die sich aufgrund der Analyse der Realitätserzählung als Grundlage psychologisch relevanter Prozesse und Eigenschaften herausgestellt haben (wie z.B. Längen, Größen oder räumliche Zuordnungen).

4.3.4.1 Lage des Gebäudes

Gebäude existieren nicht losgelöst und unabhängig von ihrer Umgebung, sondern sie stehen an einem definierten Ort und sind damit in einen **übergeordneten räumlichen Kontext** eingebunden. Dieser Kontext kann auf verschiedenen Ebenen beschrieben werden.

Die **Lage des Gebäudes** lässt sich durch seine **geografischen Koordinaten** eingrenzen. In der beispielhaften Realitätserzählung werden diese Daten nicht explizit und präzise, jedoch implizit durch die Erwähnung des **Ortes** genannt.

Bei vergleichbarer geografischer Lage hängen jedoch die Eigenarten und Strukturen der unmittelbaren Umgebung des Gebäudes zusätzlich von der **regionalen, infrastrukturellen Einbindung des Gebäudes ab**. Diese bestimmt, wie die Einbettung des Gebäudes in seine Umgebung erfolgt. Die beiden in der Realitätserzählung erwähnten Gebäudekomplexe (Universität und Wohnhaus) liegen beispielsweise innerstädtisch, was im Vergleich mit einer ländlichen Lage vermutlich zu erkennbaren Unterschieden in der benachbarten Infrastruktur des Gebäudes und den Energieströmen innerhalb des Gebäudes führt⁵.

Allerdings können auch bei einer vergleichbaren regionalen Einbindung Unterschiede zwischen zwei ansonsten identischen Gebäuden auftreten, und zwar in Abhängigkeit der **Ausrichtung** des Gebäudes. Beispielsweise weist die Fassade des Arbeitsplatzes in Richtung Osten, wohingegen die Fassade des Wohnzimmers der Wohnung nach Westen ausgerichtet ist. Dabei kann ein Gebäude jedoch nicht nur relativ zu den Himmelsrichtungen, sondern ebenfalls relativ zu den Infrastruktureigenschaften seiner Umgebung (z.B. Hinterhof, Straße) ausgerichtet sein. Daraus folgen im konkreten Fall unterschiedliche Bezüge sowohl zum Verlauf der Sonne als auch zu der umgebenden Infrastruktur. Tabelle 07 verweist auf entsprechende Beispiele aus der obigen Realitätserzählung.

Tabelle 07

Beispielhafte Textausschnitte zur Beschreibung der übergeordneten Einordnung von Gebäuden in den räumlichen Kontext.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Geografische Lage	„... das Gebäude liegt in der Innenstadt Münchens , etwa 5 Kilometer von meiner Wohnung entfernt ...“
Regionale Einbindung	„... das Gebäude liegt in der Innenstadt ...“ „Da das TU-Gebäude innerstädtisch liegt ...“ „... auf der Straße unterhalb meines Fensters ...“ „Auch meine Wohnung liegt eher noch im innerstädtischen Bereich , vor allem gibt es jedoch in der näheren Umgebung das ein oder andere Restaurant .“ „ Gegenüber liegt zwar die Pinakothek , diese ...“ „... immerhin blicke ich auf die Pinakothek und die zugehörigen Wiesen , ... - da die Pinakothek weit genug entfernt steht .“
Ausrichtung des Gebäudes/ der Gebäudefassaden	„... dass die Fassade des Büros ziemlich exakt nach Osten ausgerichtet ist.“ „Eine ist - wie die Fassade meines Raums - nach Osten ausgerichtet, die andere nach Süden .“ „Die große Fensterseite im Wohnzimmer zeigt Richtung Westen (zum ... Hinterhof) , ...“ „... in der Straße in der ich wohne, was im Schlafzimmer (das zu dieser Straße zeigt) ...“

⁵ Eine detaillierte Analyse der Beziehungen zwischen den Merkmalen der einzelnen Kategorialbereiche untereinander erfolgt wie eingangs erwähnt in späteren Abschnitten (siehe Abschnitte 4.3.5, 4.3.7, 4.3.8 und 4.3.9). Um dem Leser jedoch das Verständnis für die Art der Taxonomisierung zu erleichtern, werden innerhalb der hier durchgeführten, bereichsgetretennten Darstellungen, Interrelationen gelegentlich bereits ihrem Wesen nach erwähnt.

4.3.4.2 Gebäudetopologie

Wesentliche Merkmale von Gebäuden sind ihre **topologischen Eigenschaften**, d.h. die räumliche Anordnung der Elemente, aus denen sich das Gebäude zusammensetzt. Hinweise auf die Relevanz topologischer Eigenschaften gibt die Realitätserzählung, beispielhafte Auszüge dazu sind in Tabelle 08 zusammengefasst.

Tabelle 08
Beispielhafte Textauschnitte zur Beschreibung der Topologie von Gebäuden.

Merkmalsname	Beispielhafter Textauschnitt
Gebäudehülle	„... man erkennt an der Fassade des Gebäudes, dass es zumindest kein Altbau und offenbar auch kein unmittelbarer Nachkriegsbau ist. Außerdem ist zu erkennen, dass die Fenster und die Fassadenoberfläche ziemlich unversehrt sind ...“
Form und Geometrie des Gebäudes	„... der gegenüberliegende Hauptriegel des TU-Gebäudes , der mindestens ein Geschoss höher ist, ... Nebenriegel .“ „... die ihr Büro im Hauptflügel gegenüber haben.“
horizontale Struktur	„... selbst in den Treppenhäusern und Gängen der Uni ...“ „... gehe durch einen Flur ...“
vertikale Struktur	„... selbst in den Treppenhäusern und Gängen der Uni ...“ „... Nebentreppenhaus ...“ „... bis in den 3. Stock hinauf.“ „... was im 3. OG ziemlich sicher ist ...“ „Ich betrete das Treppenhaus , das hier im Erdgeschoss ...“ „Mit dem Rad steige ich in den dritten Stock ...“

Die **Hülle** des Gebäudes und die in dem Gebäude befindlichen **Räume** stellen die Grundelemente dar, aus denen sich das Gebäude **physisch zusammensetzt**.

Die **Form und Geometrie des Gebäudes** - als wesentliche, topologische Merkmale des Gebäudes - werden im Wesentlichen durch die **Oberfläche** des Gebäudes, d.h. eben durch seine **Hüllfläche** bzw. **Fassade** gebildet. Auf der Basis der Realitätserzählung ist die Annahme plausibel, dass dabei sichtbare materielle Aspekte der Fassade eine wichtige Rolle spielen. Materialeigenschaften werden entsprechend weiter unten differenziert dargestellt. Außerdem wird die **gegenseitige Sichtbarkeit** einzelner Fassaden durch die Form und Geometrie des Gebäudes mitbestimmt.

Durch seine **Räume** wird das Gebäude intern **horizontal** - z.B. durch Aufenthaltsräume und die raumverbindenden Flure bzw. Gänge - und **vertikal strukturiert** - z.B. durch die Geschosse und die geschossverbindenden Treppenhäuser und Aufzugsschächte. Mithilfe dieser Einteilung lassen sich verschiedene räumliche Bezüge darstellen: Z.B. die Distanzen zwischen unterschiedlichen Punkten im Gebäude oder auch die horizontalen und vertikalen Bezüge zwischen einzelnen Raumeinheiten bzw. Fassadenanteilen oder zu gebäudeumgebenden Infrastruktureinheiten.

4.3.4.3 Lage des Raums innerhalb des Bezugssystems „Gebäudetopologie“

Die zuvor aufgeführten topologischen Beschreibungskategorien des Gebäudes stellen ein für die Raumzuordnung geeignetes **Bezugssystem** dar. Räume sind Teileinheiten von Gebäuden und existieren nur mit und in diesen. So wie Gebäude in einen regionalen und überregionalen Kontext eingeordnet werden müssen, so müssen also auch die betrachteten Räume in den Kontext des Gesamtgebäudes eingeordnet werden.

Mithilfe dieses Bezugssystems lässt sich die **Lage des Raums** innerhalb des Gebäudes beschreiben (siehe Tabelle 09). Verschiedene konkrete Positionsmerkmale des Raums innerhalb des Gebäudes werden dabei in der Realitätserzählung aufgeführt. Hierzu zählen z.B. die zentrale Position der Wohnung innerhalb des Gebäudes, die Geschosshöhe des Lehrstuhls, das innenliegende Badezimmer in der Wohnung und der an der Ecke der Fassade liegende Besprechungsraum. Dies zeigt, dass einzelne Räume tatsächlich **relativ zur Topologie** des Gesamtgebäudes eingeordnet werden.

Tabelle 09

Beispielhafte Textausschnitte zur Beschreibung der Lage des Raums innerhalb des Bezugssystems „Gebäudetopologie“.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Raumlage	<p>„Das Badezimmer ist ... innenliegend, ...“</p> <p>„Darüber hinaus liegt die Wohnung ziemlich zentral im Gebäude ...“</p> <p>„Dieser liegt an der Ecke des Gebäudes in dem wir uns befinden und hat somit zwei Fassaden.“</p> <p>„... der Raum hat sich - einem Eckraum entsprechend - ...“</p> <p>„... dass die Fassade des Büros ziemlich exakt nach Osten ausgerichtet ist.“, „Eine ist - wie die Fassade meines Raums - nach Osten ausgerichtet, die andere nach Süden.“</p> <p>„... das Treppenhaus, das hier im Erdgeschoss ...“</p> <p>„... der gegenüberliegende Hauptriegel des TU-Gebäudes, der mindestens ein Geschoss höher ist ...“</p> <p>„... was im 3.OG ziemlich ...“</p>

4.3.4.4 Raumtopologie

Der Raum lässt sich physisch einerseits in die **Raumhülle** und andererseits in das **Rauminnere** aufteilen.

Obwohl die Fassade des Gebäudes und die Außenfassade des Raums aus technischer Sicht ein und dasselbe Element sind, wird hier eine Trennung vorgenommen und die **Raumhülle** als eigenständiges Merkmal des Raums aufgenommen. Dafür sprechen drei unterschiedliche Gründe:

Erstens bestimmt die Anordnung der Raumhülle die Geometrie und die Form des Raums, ähnlich wie die Anordnung der Gebäudehülle die Geometrie und die Form des Gebäudes bestimmt. Diese Raumgeometrie korrespondiert nicht zwingend direkt mit der Form des Gebäudes selber.

Zweitens verfügt der Raum über Hüllbereiche, die in Teilen nicht identisch mit der Hülle des Gebäudes sind. Dabei handelt es sich sowohl um seine innenliegenden Begrenzungswände als auch um die zugehörige Decke und den Boden zu benachbarten Räumen. Diese Anteile der Hülle grenzen das Rauminnere naturgemäß gegenüber Anderem ab als die Außenfassade des Raums (z.B. gegenüber den Nachbarn, nicht jedoch gegenüber der Witterung).

Drittens ist auch die technische Auslegung der äußeren Fassadenseite anders als die Auslegung der inneren Fassadenseite: Nach außen repräsentiert die Fassade das Gebäude und ist gleichzeitig der Umgebung des Gebäudes ausgesetzt („*Immerhin ist das oberste Fenster durch einen Mauervorsprung einigermaßen vor Regen geschützt.*“). Die Bedieneinheiten der in der Fassade angeordneten **Ausstattungs-elemente** (wie z. B. die Griffe von Fenstern oder die Antriebsgurte von Sonnenschutzvorrichtungen, siehe nachfolgender Abschnitt) sind jedoch raumseitig angeordnet, sodass eine Bedienung ausschließlich von der Raumseite möglich ist. Sie sind für das Rauminnere von erheblicher Bedeutung, während sie für die Außenseite der Fassade nicht relevant sind (siehe Ausführungen oben zu den Funktionen der Gebäudefassade).

Diese physische Differenzierung des Aufbaus der Hülle in „dem Raum zugewandte“ und „dem Raum abgewandte“ Seiten gilt jedoch nicht nur für die Außenfassade, sondern ebenso für die übrigen Anteile der Raumhülle: Der Boden eines Raums ist für den darunter liegenden Raum die Decke, sodass dieses Element der Raumhülle auf der einen Seite anders ausgebildet ist (z.B. Teppich, Parkett) als auf der gegenüberliegenden Seite (z.B. mit Deckenleuchten). Die gesamte Raumhülle verfügt also über raumzugewandte und raumabgewandte Oberflächen.

Ausstattungs-elemente können jedoch ebenfalls im **Rauminneren** angeordnet werden. Beispiele hierfür sind das Mobiliar, die Schreibtischleuchte oder das Radiogerät. Welche Anordnungen der Ausstattungselemente im Rauminneren möglich sind, wird durch die **Form und Geometrie** des Raumes - ähnlich wie bei Gebäuden - mitbestimmt. Neben den Ausstattungselementen besteht das Rauminnere außerdem aus dem eingeschlossenen **Luftvolumen**.

4.3.4.5 Definition und vorläufige, kategoriale Differenzierung des Begriffs der „Ausstattungs-elemente“

Im vorhergehenden Abschnitt 4.3.4.4 wurde erwähnt, dass die Raumhülle und das Rauminnere über spezielle, zweckmäßig angeordnete Ausstattungselemente verfügen. Der Begriff des **Ausstattungs-elemente** erfordert eine präzise Definition und Abgrenzung gegenüber den anderen physischen Elementen des Gebäudes, da Ausstattungselemente einen erheblichen Einfluss auf den Energiehaushalt eines Gebäudes aufweisen können. Mit diesem Sammelbegriff werden Elemente beschrieben, deren Zustände und Eigenschaften im Gegensatz zum übrigen Gebäude grundsätzlich variabel und einstellbar sind. Hierzu zählen beispielsweise Fenster und Heizungen, jedoch auch Telefone und Tische (deren Position oder Größe z.B. verändert werden können). Davon sind Elemente wie z.B. Wände und Decken abzugrenzen, deren Eigenschaften nach der Gebäudefertigstellung fixiert sind und nicht durch das Individuum verändert werden können.

Die speziellen Funktionen und Wirkungsweisen der Ausstattungselemente erfordern jedoch eine weitere Differenzierung in **funktionale** und **regulative Ausstattungselemente**. Im Kontext dieser Arbeit werden unter dem Begriff „funktionale Ausstattungselemente“ diejenigen Ausstattungselemente zusammengefasst, die unmittelbar für die planmäßige Nutzung des Raumes erforderlich sind. So sind der Herd und die Spüle Elemente, ohne die eine planmäßige Nutzung der Küche nicht denkbar ist. Sie stellen daher das erforderliche Werkzeug für die Aktivität des Individuums innerhalb des Gebäudes dar. Der Zweck regulativer Ausstattungselemente besteht hingegen darin, dem Individuum die Möglichkeit zu geben, die energetischen und materiellen Umgebungsbedingungen in seinem Umfeld zu regulieren. So kann das Individuum die Luftzufuhr durch das Fenster, die solare Einstrahlung durch den Sonnenschutz oder die Raumtemperatur durch die Heizung regulieren.⁶

4.3.4.6 Lage der Ausstattungselemente innerhalb des Bezugssystems „Raumtopologie“

Die im vorherigen Abschnitt 4.3.4.4 eingeführte topologische Beschreibung des Raums dient als räumliches Bezugssystem zur Beschreibung der Lage der Ausstattungselemente. Sie erfüllt somit für die Ausstattungselemente die gleiche Funktion wie die Topologie des Gebäudes für die Verortung des Raums.

In Tabelle 10 sind die regulativen Ausstattungselemente der Realitätserzählung aufgeführt und **dem Raum und seiner Hülle beispielhaft topologisch zugeordnet**. Diese Beschreibung deckt nicht alle denkbaren räumlichen Zuordnungen der Realität ab, kann jedoch sicherlich als typisch betrachtet werden. Eine topologische Zuordnung der funktionalen Ausstattungselemente zu den Merkmalen der Tabelle 10 kann jedoch nicht mit der gleichen Allgemeingültigkeit vorgenommen werden, da hierfür der denkbare Variantenreichtum zu groß ist. Dennoch ist eine topologische Zuordnung im konkreten Einzelfall erforderlich. Diese Notwendigkeit wird durch die Realitätserzählung belegt, deren Beispiele in Tabelle 11 zeigen, dass die räumliche Anordnung durch den Nutzer zur Kenntnis genommen wird. Welche konkrete Bedeutung diese Anordnung hat, zeigt sich jedoch erst bei einer gleichzeitigen Berücksichtigung der Merkmale der Umgebungsbedingungen.

Tabelle 10

Beispiele für die topologische Zuordnung von regulativen Ausstattungselementen.

Merkmal	Beispielhafter Texterwähnung
in/an der Raumaußenfassade	Fenster Sonnenschutz Heizung
in der übrige Raumhülle	künstliche Beleuchtung (Decke und Wandschalter) Tür (Flurwand) mechanische Belüftung (Wand)
im Rauminneren	künstliche Beleuchtung (am Tisch) Ventilator

⁶ Diese Differenzierung stellt einen Vorgriff auf die Interrelationen zwischen den Ausstattungselementen und den Umgebungsbedingungen und somit einen Systematisierungsbruch des Aufbaus dar. Dieser - kleine - Bruch wird hier jedoch in Kauf genommen, da es diese vorläufige Grobdifferenzierung erlaubt, die gegenständlichen Eigenschaften von regulativen und von funktionalen Ausstattungselementen bereits in den Abschnitten 4.3.4.6 und 4.3.4.7 zu unterscheiden und nicht erst im Abschnitt 4.3.5 über die Interrelationen zwischen Umgebungsbedingungen und Gebäude. Er dient also dem leichteren Verständnis und dieser Vorteil wird höher bewertet als der Nachteil des Systematisierungsbruchs.

Tabelle 11

Beispielhafte Textauschnitte zur Beschreibung der topologischen Anordnung funktionaler Ausstattungselemente.

Merkmal	Beispielhafte Texterwähnung und erweiterte Beispiele
Anordnung	„Mein Monitor steht jedoch senkrecht zur Fassade, ...“ „... außerdem ist es ein seitliches Fenster, abseits vom Besprechungstisch ...“

4.3.4.7 Eigenschaften der Ausstattungselemente

Den Ausstattungselementen im Allgemeinen und den regulativen Ausstattungselementen im Besonderen kommt eine große Bedeutung im Kontext des hier bearbeiteten Problemfelds zu. Dies begründet sich damit, dass die Eigenschaften und der Zustand der Ausstattungselemente einen direkten Einfluss auf die lokalen Umgebungsbedingungen des Individuums ausüben können. Diese besondere Stellung spiegelt sich in dem Detailgrad wieder, mit welchem die Eigenschaften in der Realitätsartikulation dargestellt werden. Diese Eigenschaften sollen im Folgenden analysiert werden.

4.3.4.7.1 Regulative Ausstattungselemente

Es ist sinnvoll, regulative Ausstattungselemente in zwei physische Teileinheiten, und zwar Kernbauteile und Bedieneinheiten, zu unterteilen. Typische **Kernbauteile** sind z.B. Fensterflügel, Leuchtkörper, Heizkörper oder der Sonnenschutzbehang. Ohne diese Kernbauteile wären die Ausstattungselemente nicht als solche identifizierbar.

Jedes Ausstattungselement, welches sich in seinem Zustand manuell verändern lässt, verfügt außerdem über ein weiteres Bauteil, mit dem diese Zustandsänderung bewirkt werden kann. Dabei handelt es sich um **Bedieneinheiten** wie Schalter, Taster, Griffe oder Antriebsgurte. Diese können räumlich vom zugehörigen Kernbauteil getrennt sein (z.B. der Lichtschalter an der Wand und nicht an der Deckenleuchte), was - zusätzlich zur Lage des Ausstattungselements - durch die **Lage der Bedieneinheit** beschrieben wird.

Für diese **Bedieneinheiten** lassen sich verschiedene **konstruktiv-mechanische Eigenschaften** beschreiben. Tabelle 12 listet hierfür einige Beispiele aus der Realitätserzählung auf: Zum einen lassen sich für Bedieneinheiten eine **Position** und ein **Verdeckungsgrad** definieren. Darüber hinaus erfordert die Verwendung der Bedieneinheiten eine typische Anzahl an **Arbeitsschritten**, die wiederum eine typische Komplexität aufweisen. Die hierfür erforderliche Anzahl an Arbeitsschritten kann sich jedoch verändern, wenn dieser Mechanismus nicht mehr planmäßig funktioniert, sondern einen **Schaden** aufweist.

Tabelle 12

Beispielhafte Textauschnitte zur Beschreibung der konstruktiv-mechanischen Eigenschaften von Bedieneinheiten regulativer Ausstattungselemente.

Merkmal	Beispielhafter Textauschnitt
Position und Verdeckung der Bedieneinheit	„Um an das Thermostat zu gelangen, muss ich entweder die Abdeckung der Heizung abmontieren oder alternativ auf dem Fußboden herumkriechen “ „... dass sie so stark verdeckt ist ...“ „Es ist bestens zu erreichen (der Griff liegt auf Hüfthöhe) ...“
Anzahl/ Komplexität der Arbeitsschritte	„... sondern stattdessen eine automatische, zeitverzögert anlaufende Lüftungsanlage .“ „Dabei läuft diese Schnur über eine Rolle, welche sich dreht, wenn an der Schnur gezogen wird, sodass der Sonnenschutz dadurch angetrieben wird ...“
Schaden der Bedieneinheit	„... und häufig rutscht die Schnur dabei einfach wirkungslos über die Rolle.“

Die **Kernbauteile** derjenigen regulativen Ausstattungselemente, die **mechanisch einstellbar** sind, verfügen über einen spezifischen Aufbau und lassen sich konstruktiv hinsichtlich der Art, Anzahl, Maximal- und Minimalwerte der **Zustände/ Stufen** unterscheiden, in die sie planmäßig gebracht werden können (Variierbarkeit). Auch hierzu gibt die Realitätserzählung einige Beispiele, siehe Tabelle 13. Ein **Schaden** kann an den

Kernbauteilen des Ausstattungselements auftreten und wirkt sich ggf. auf die einstellbaren Elementzustände aus (z.B. verknickte Sonnenschutzlamellen, die sich dadurch nicht mehr in eine geschlossene Position bringen lassen, klemmender Fensterflügel, usw.).

Tabelle 13

Beispielhafte Textauschnitte zur Beschreibung der Konstruktion oder der mechanischen Eigenschaften mechanischer, regulativer Ausstattungselemente.

Merkmal	Beispielhafter Textauschnitt
Aufbau	„... er besteht aus Lamellen ...“ „Es besteht aus insgesamt drei Teilen, zwei relativ kleinen Teilen , die unten und oben angeordnet sind ... und einem großen Mittelteil ...“
Art und Anzahl der einstellbaren Zustände/ Variierbarkeit	„... Lamellen, die sich drehen lassen, ...“ „... die den Sonnenschutz vollständig schließen ... bei manch einer Art Sonnenschutz bleibt einem ja auch kaum eine andere Wahl!“ „... Teilen, die ... sich kippen lassen und einem großen Mittelteil, der sich aufdrehen lässt.“ „... unterschiedliche Kombinationen ...“ (von verschiedenen Fensterflügeln)
Schaden der Kernbauteile	z.B. der potenzielle Schaden der Sonnenschutzlamellen (durch Wind)

Für **energieumsetzende, regulative Ausstattungselemente**⁷ (z.B. Heizung, Kühlung, Ventilator) gelten ähnliche Eigenschaften: Auch hier lassen sich bei den Kernbauteilen unterschiedliche **Zustände** innerhalb der **Maximal- und Minimalstufen** einstellen (z.B. Ventilatorstufen) wobei es sich hierbei nicht um mechanische Einstellungen, sondern um **Leistungsstufen** handelt. Auch wenn die Realitätserzählung darauf keinen konkreten Bezug nimmt, lassen sich alltägliche Beispiele dafür finden: Neben den bereits erwähnten Ventilatorstufen sind dies z.B. die stufenlose Einstellbarkeit dimmbarer Deckenbeleuchtungen und thermostat geregelter Heizungen. **Schäden** können dabei z.B. in den Schaltkreisen der Antriebsmotoren oder der Regeleinheiten auftreten.⁸

Neben den potenziellen Zuständen, in die ein regulatives Ausstattungselement gebracht werden kann, zählt natürlich auch der tatsächliche, aktuelle **Zustand** des Kernbauteils zu den Eigenschaften des Elements. Unter diesem Begriff wird sowohl die **mechanische Stellung** mechanisch einstellbarer Elemente als auch die **Leistungsstufe** energieumsetzender Elemente gefasst. Elemente eines Typs können darüber hinaus in unterschiedlicher **Anzahl** und in unterschiedlicher **Größe** in einem Raum vorkommen (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14

Beispiele für die Anzahl und die Größe regulativer Ausstattungselemente.

Merkmal	Beispielhafter Textauschnitt
Anzahl und Größe	„Es besteht aus insgesamt drei Teilen, zwei relativ kleinen Teilen , die unten und oben angeordnet ... und einem großen Mittelteil ...“ (Fenster) „Die Küche ist deutlich kühler als mein Arbeitsraum, da sie nur ein kleines Fenster hat ...“

4.3.4.7.2 Funktionale Ausstattungselemente

Auch **funktionale Ausstattungselemente** lassen sich in jene mit und jene ohne **Energieumsatz** einteilen. Funktionale Ausstattungselemente ohne Energieumsatz beeinflussen den Energieverbrauch des Gebäudes dabei mittelbar (siehe z.B. Abschnitt 4.3.8.3.1 auf Seite 134) während der Energieverbrauch des Gebäudes durch die energieumsetzenden, funktionalen Ausstattungselemente direkt betroffen ist. Zu den Ausstattungselementen mit Energieumsatz zählt z.B. der in der Realitätserzählung erwähnte Herd, der - je nach Typ und Ausführung - z.B. über verschiedene, **einstellbare Leistungsstufenarten** und **-anzahlen** und eine bestimmte **maximale Leistungsstufe** für den Betrieb verfügt. Gleiches gilt für die Dusche (unterschiedliche Temperatur des Warm-

⁷ Die Unterscheidung zwischen mechanischen und energieumsetzenden regulativen Ausstattungselementen nimmt an dieser Stelle noch keinen Bezug auf die Art der Umgebungsbedingungen (materiell vs. energetisch). Die Unterscheidung wird hier zunächst deswegen getroffen, da der Energieverbrauch im Kontext dieser Arbeit eine herausragende Rolle spielt. In welchem Zusammenhang energieumsetzende Ausstattungselemente und die Umgebungsbedingungen stehen, wird erst im Rahmen der Analyse der Interrelationen zwischen Gebäude und Umgebungsbedingungen in den Abschnitten 4.3.5.6.3 und 4.3.5.6.4 behandelt.

⁸ Unter dem Aspekt des „Energieumsatzes“ werden konstruktive Elemente, die über einen Stellmotor verfügen, der Einfachheit halber den Elementen ohne Energieumsatz zugeordnet. Dies scheint berechtigt, da der Energieumsatz durch Stellmotoren im Vergleich marginal und darüber hinaus nur schwer in Zahlen fassbar ist.

wassers), die Kaffeemaschine oder das Radiogerät. Eine dieser Stufen entspricht dabei dem **aktuellen Zustand** (z.B. ein-/ ausgeschaltet, Leistungsstufe). Existiert eine größere Anzahl an funktionalen Ausstattungselementen, so muss selbstverständlich auch hier diese **Anzahl** der Elemente berücksichtigt werden.

Ein weiteres wichtiges Merkmal funktionaler Ausstattungsmerkmale sind Eigenschaften, die hier sehr allgemein unter **funktionale Leistungsmerkmale** zusammengefasst werden. Darunter sollen so unterschiedliche Eigenschaften wie z.B. die „Größe der Ablagefläche des Schreibtischs“, die „maximale Lautstärke des Radios“ oder die „Entspiegelung des Computerbildschirms“ verstanden werden. Eigenschaften, für welche die beiden letztgenannten Beispiele stehen, spielen im Kontext des hier bearbeiteten Problemfelds eine besondere Rolle, da sie Bezug auf Umgebungsbedingungen nehmen. Sie werden in der Realitätserzählung entsprechend konkret benannt („... *die Helligkeit des Monitors ...*“, „... *auf der spiegelnden Monitoroberfläche ...*“). Im nachfolgenden Abschnitt über die Interrelationen zwischen den Bereichen „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ wird dargestellt werden, dass die **Funktionalität** der funktionalen Ausstattungselemente durch Umgebungsbedingungen eingeschränkt werden kann.

4.3.4.8 Lage der Ausstattungselemente zueinander

In Abschnitt 4.3.4.5 auf Seite 86 wurde bereits die räumliche Zuordnung funktionaler und regulativer Ausstattungselemente zur Topologie des Raumes diskutiert. Zu den charakteristischen Merkmalen von Ausstattungselementen zählt jedoch außerdem die **räumliche Relation**, die einerseits **zwischen ausgesuchten funktionalen Elementen** (z.B. Computer und Schreibtisch) und andererseits zwischen **den funktionalen und den regulativen Ausstattungselementen** (z.B. Schreibtisch und Fenster) vorliegt. Die Relevanz dieser Beziehungen wird insbesondere durch die Betrachtung der Interrelationen zwischen dem Bereich „Gebäude“ und den übrigen Kategorialbereichen deutlich werden, welche in den späteren Abschnitten 4.3.5 und 4.3.8 dargestellt werden. Tabelle 15 führt zwei Merkmale auf, welche die räumliche Relation zwischen den Ausstattungselementen beschreiben. Dabei wird einerseits zwischen der **relativen Position** der Ausstattungselemente zueinander und andererseits zwischen der **Weglänge**, die zwischen den Bedieneinheiten regulativer Ausstattungselemente und den funktionalen Ausstattungselementen liegt, unterschieden.

Tabelle 15
Beispiele für die räumliche Relation zwischen Ausstattungselementen.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
relative Position der Ausstattungselemente zueinander	„... insbesondere wenn ich gegenüber noch die Fenster oder die Tür öffnen kann ...“ „... außerdem ist es ein seitliches Fenster , abseits vom Besprechungstisch ...“
Weglänge zw. den funktionalen und den Bedieneinheiten der regulativen Ausstattungselementen	„... eine Deckenleuchte, deren Schalter neben der Tür angebracht ist und zusätzlich eine Tischleuchte, deren Schalter sich direkt am Leuchtkörper befindet.“

4.3.4.9 Materialeigenschaften

Aus der technischen Perspektive sind die zuvor aufgeführten Merkmale des Gebäudes eng mit dem Thema der **Materialität** verknüpft. Bestimmte Topologien fordern bestimmte Baumaterialien, oder - umgekehrt - mit bestimmten Baumaterialien lassen sich bevorzugt typische Konstruktionen erstellen. Das Material beeinflusst darüber hinaus in einem erheblichen Maß die bauphysikalische Qualität der Hüllfläche des Gebäudes und der einzelnen Räume und somit deren Energiehaushalt. Auch die Ausstattung besteht aus typischen Materialien mit den erforderlichen Eigenschaften. In der Realitätserzählung werden Materialien jedoch lediglich am Rande thematisiert. Dies liegt vermutlich daran, dass die für den Energiehaushalt relevanten Eigenschaften der Materialien - also die physikalischen und chemischen Kenngrößen - nicht unmittelbar wahrnehmbar und durch den Laien beschreibbar sind. Daraus ließe sich zunächst die Vermutung ableiten, dass Materialien und ihre Eigenschaften keine wichtige Rolle in der Wahrnehmung durch den Nutzer spielen und somit sein energetisch relevantes Verhalten nicht beeinflussen. Es sei jedoch noch einmal darauf hingewiesen, dass die Realitätsanalyse anhand einer selbst verfassten Realitätserzählung nur ein unvollständiges, heuristisches Hilfsmittel darstellt, auf

welches zurückgegriffen werden muss, da empirische Daten, welche Aufschluss über die einzelnen Handlungssequenzen des Nutzers und seiner Motivationen geben könnten, nicht existieren. Selbstverständlich kann ein solches Verfahren nicht jede denkbare Facette der Realität abdecken, wobei dieser Mangel in dieser Phase der vortheoretischen Betrachtung bewusst zugelassen wird.

Einige Erwähnungen des Materials und seiner Eigenschaften können jedoch herausgearbeitet werden: Ein wichtiger - eher impliziter - Hinweis auf die Materialität des Gebäudes und seiner Substrukturen erfolgt über die Beschreibung der Veränderbarkeit der regulativen Ausstattungselemente der Raumhülle. Regulative Ausstattungselemente verfügen über Materialeigenschaften, die zwar in den allermeisten Fällen konstant sind, welche jedoch, durch die Veränderung der Position und Stellung der Elemente, der Raumhülle hinzugefügt oder von ihr abgezogen werden. Z.B. hat die Fassade durch das Fenster **Transparenzeigenschaften**, die durch das Herabziehen des Sonnenschutzes jedoch reduziert werden („... weil ich den Blick nach draußen angenehmer finde als den Blick auf den Sonnenschutz ...“). Transparenz ist also offenbar eine Materialeigenschaft, die durch den Nutzer des Gebäudes zur Kenntnis genommen wird. Darüber hinaus ist die Annahme plausibel, dass auch die Aufteilung der Gebäudeaußenfassade in transparente und geschlossene Anteile durch den Außenbeobachter registriert wird.

Eine andere materialorientierte Eigenschaft des Gebäudes ist seine **materielle Durchlässigkeit**, die z.B. durch den Zustand des Fensters mitbestimmt wird (geöffnet/ geschlossen). Materielle Durchlässigkeit spielt auch an anderer Stelle der Realitätserzählung eine Rolle, und zwar bei der generellen Qualitätsbeschreibung der Fassade („Außerdem scheint die Fassade dicht zu sein ...“).

Bestimmte Eigenschaften werden regelmäßig mit typischen Bauten oder Bauzeitaltern in Verbindung gebracht, wobei der argumentative „Umweg“ über das Material häufig ausgespart bleibt („... zumindest kein Altbau und offenbar auch kein unmittelbarer Nachkriegsbau ...“). So gelten z.B. Burgen oder Kirchen als „sommerkühl“, was primär durch die **Speicherfähigkeit** des Hüllmaterials bedingt ist (in welche die Dicke des Materials und seine spezifische Speicherfähigkeit eingehen).

Nicht zuletzt kann das **Alter** des Materials bzw. sein oberflächlicher **Zustand** - insbesondere seine Schadenfreiheit - abgeschätzt werden („... dass die Fenster und die Fassadenoberfläche ziemlich unversehrt sind ...“).

4.3.4.10 Interrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen des Gebäudes

Die bisher in diesem Abschnitt aufgeführten Merkmale von Gebäuden beziehen sich sowohl auf die räumliche Anordnung als auch auf das Material derjenigen Elemente, aus denen sich das Gebäude zusammensetzt. Aus technischer Sicht existieren zwischen diesen Merkmalen vielfältige Interrelationen, die sich zusammenfassend damit umschreiben lassen, dass bestimmte Gebäude- und Raumtopologien die Verwendung bestimmter Materialien erfordern. Die daran gekoppelten Zusammenhänge sind jedoch Gegenstand bautechnischer Fachfragen, dem Alltagsmenschen somit vermutlich nicht zugänglich und daher an dieser Stelle nicht relevant. Für andere Interrelationen kann jedoch aufgrund der Realitätserzählung vermutet werden, dass sie in irgendeiner Form eine Rolle für den Nutzer spielen. Hierzu zählen die zahlreichen räumlichen Zuordnungserfordernisse, wie z.B. die Raumzuordnung zur Topologie des Gebäudes oder die Zuordnung der Ausstattungselemente zur Topologie des Raumes. So kann der Raum eines Gebäudes, das nur über zehn Stockwerke verfügt, nicht im elften Stockwerk liegen und das Fenster eines Raums, der lediglich über eine Ostfassade verfügt, nicht nach Westen ausgerichtet sein. Da ein Raum also nur innerhalb der Topologie des Gebäudes und ein Ausstattungselement nur innerhalb der Topologie des Raumes verortet werden kann, besteht zwischen dem Zuordnungssystem und dem zuzuordnenden Teilsystem offenbar eine bedingende Interrelation.

Eine weitere Interrelation - wenn auch weitestgehend nur implizit in der Realitätserzählung benannt - ist das Verhältnis der Raumlage innerhalb des Gebäudes zur Art und Exposition der Raumhülle. Die Realitätserzählung weist darauf hin, dass die Lage des Raums die Art und die Eigenschaften der Raumhülle mitbestimmt: Innenliegende Räume verfügen über keine Außenfassade, zentral gelegene Räume verfügen über eine relativ kleine Außenfassade jedoch eine große Hüllfläche als Grenze zu benachbarten Räumen, im Gegensatz zu exponierten

Räumen, deren Raumhülle größtenteils an die Außenumgebung grenzt. Die Tabelle 16 verweist auf entsprechende Beispiele aus der Realitätsartikulation.

Tabelle 16

Beispiele für das Verhältnis der Raumlage innerhalb des Gebäudes zur Art und Exposition der Raumhülle.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Raumlage	„Das Badezimmer ist leider innenliegend , also ist kein Fenster ... vorhanden ...“ „Darüber hinaus liegt die Wohnung ziemlich zentral im Gebäude , sodass ich praktisch zu allen Seiten ... Nachbarn habe.“ „... der Raum hat sich - einem Eckraum entsprechend - ...“

Verschiedene andere, als Interrelation interpretierbare Zusammenhänge, wurden bereits in den vorhergehenden Abschnitten im Kontext benannt. Hierzu zählt beispielsweise, dass Schäden der Kernbauteile oder der Bedieneinheiten die möglichen Zustände der Ausstattungselemente beeinflussen können, dass die Variierbarkeit von der einstellbaren Stufenanzahl und -art zwischen der maximalen und minimalen Stufe abhängt und dass der Energieumsatz von der gewählten Leistungsstufe und der Anzahl der Ausstattungselemente bestimmt wird.

4.3.4.11 Die Taxonomie des Gebäudes in der Übersicht

Nachfolgend werden alle oben als psychologisch relevant identifizierten Merkmale des Gebäudes in einer übersichtlichen Gesamttaxonomie zusammengefasst. Diese Taxonomie betrifft jedoch - wie eingangs dargestellt - nicht die Gesamtheit der aus gebäudetechnischer Sicht denkbaren Merkmale des Gebäudes, sondern lediglich jene, die gemäß der Realitätserzählung vermutlich einen psychologischen Bedeutungsinhalt aufweisen.

Lage des Gebäudes (mit Bezug auf ein übergeordnetes, räumliches Bezugssystem)

- geografische Lage
- regionale Einbindung
- Ausrichtung

Gebäudetopologie

- physische Zusammensetzung
 - Gebäudehülle
 - Räume
- Geometrie und Form des Gebäudes
- vertikale Strukturierung
 - durch Geschosse & Treppenhäuser
- horizontale Strukturierung
 - durch z.B. Aufenthaltsräume & Flure

Lage des Raums im Bezugssystem „Gebäudetopologie“

Raumtopologie

- physische Zusammensetzung
 - Raumhülle
 - Aufbau
 - Raumseite
 - Oberflächen
 - Außenseite
 - Oberflächen
 - regulative Ausstattungselemente

- Typen
 - Außenfassade
 - Boden, Decke
 - innenseitige Begrenzungswände
- Rauminneres
 - physische Zusammensetzung
 - regulative Ausstattungselemente
 - funktionale Ausstattungselemente
 - Luftvolumen
- Geometrie und Form des Raumes

Definition und Lage der Ausstattungselemente im Bezugssystem „Raumtopologie“

regulative Ausstattungselemente

- physische Zusammensetzung
 - Kernbauteile
 - Typen
 - Fensterflügel, Heizkörper, Lamellen
 - Aufbau
 - Variierbarkeit
 - (Leistungs-) Stufenart
 - (Leistungs-) Stufenanzahl
 - Maximal- und Minimalzustände/ -werte
 - Zustand/ Leistungsstufe
 - Schaden
 - Bedieneinheiten
 - Typen
 - Schalter, Taster, Griffe, Antriebsgurt
 - Lage
 - Position
 - Abdeckung
 - Anzahl & Komplexitätsgrad der Arbeitsschritte
 - Schaden

Anzahl

Größe

Typen

- mechanische Ausstattungselemente

- Typen

- Fenster, Sonnenschutz, Tür

- energieumsetzende Ausstattungselemente

- Typen

- Heizung, Deckenbeleuchtung, mechanische Belüftung, Tischbeleuchtung, Ventilator

- maximaler Energieumsatz

funktionale Ausstattungselemente

- Typen

- ohne Energieumsatz

- Typen

- Tisch, Buch

- mit Energieumsatz

- Leistungsstufenart

Leistungsstufenanzahl
maximale Leistungsstufe
aktuelle Leistungsstufe
Typen
Herd, Computer, Radio

Anzahl
funktionale Leistungsmerkmale

Lage der Ausstattungselemente zueinander

relative Position zueinander

Weglänge zwischen den funktionalen Ausstattungselementen und den Bedieneinheiten der regulativen Ausstattungselemente

Materialeigenschaften

Transparenz

materielle Durchlässigkeit

Speicherfähigkeit

Zustand/ Alter

Schadenfreiheit

Interrelationen

z.B. Raumlage beeinflusst die Art und Exposition der Raumhülle

Nachfolgend ist auch diese taxonomische Ordnung grafisch dargestellt. Hierfür wird - wie zuvor im Bereich „Umgebungsbedingungen“ - auf verschiedene Pfeiltypen zurückgegriffen.

Geschlossene Pfeilspitzen in der Grafik stellen wieder Generalisierungsbeziehungen dar und zeigen vom spezialisierten Merkmal auf das zugehörige, generalisierte Merkmal. Diese Beziehung kann näherungsweise auch wieder als „Typus von“ gelesen werden. Gelegentlich werden Merkmalen, auf die mit einer geschlossenen Pfeilspitze verwiesen wird, zusätzliche Merkmale mithilfe eines offenen Pfeils zugeordnet. Dabei handelt es sich dann um Merkmale, die für diesen Generalisierungstypus und alle davon „abgeleiteten“ Spezialtypen gelten. Für alle „Ausstattungselemente“ gelten z.B. die Merkmale „Anzahl“ und „Lage im Raum“, sie werden also von den spezialisierten Typen „funktionales Ausstattungselement“ und „regulatives Ausstattungselement“ übernommen und haben für diese somit ebenfalls Gültigkeit. Das Merkmal „Größe“ hingegen gilt ausschließlich für „regulative Ausstattungselemente“, nicht jedoch für „funktionale Ausstattungselemente“.

Darüber hinaus wird ein neuer Pfeiltyp verwendet. Dieser verfügt über eine Raute am Pfeilende und stellt eine „Teil-Ganzes“-Beziehung dar. Dieser Pfeiltyp ist in diesem Zusammenhang als „physisch zugehörig“ zu lesen, wobei der Pfeil von dem Teil auf das Ganze zeigt. So lässt sich beispielsweise die physische Zusammensetzung der regulativen Ausstattungselemente aus Kernbauteilen und Bedieneinheiten durch diese Pfeilart darstellen.

Lassen sich einzelne Merkmale einer Vielzahl von anderen Elementen bzw. Merkmalen zuordnen, so erfolgt die grafische Zuordnung nicht einzeln, sondern zusammengefasst: Die in der obigen Liste aufgeführten Materialeigenschaften lassen sich beispielsweise auf alle Teile des Gebäudes - also jeweils auf nur dem Gebäude zugehörige Teile, dem Raum zugehörige Teile und den Ausstattungselementen zugehörige Teile - anwenden. Anstelle dem Gebäude, dem Raum und den Ausstattungselementen jedoch jeweils eine eigene Eigenschaft „Material“ zuzuordnen, verweisen von allen Teilbereichen Eigenschaftspfeile auf eine „zentrale“ Eigenschaft „Material“. Damit wird verdeutlicht, dass die Eigenschaftsstruktur von „Material“ für alle Teilbereiche des Gebäudes gilt.

Für die Merkmale des Gebäudes wird hier und in allen folgenden Darstellungen die **Farbe Braun** verwendet.

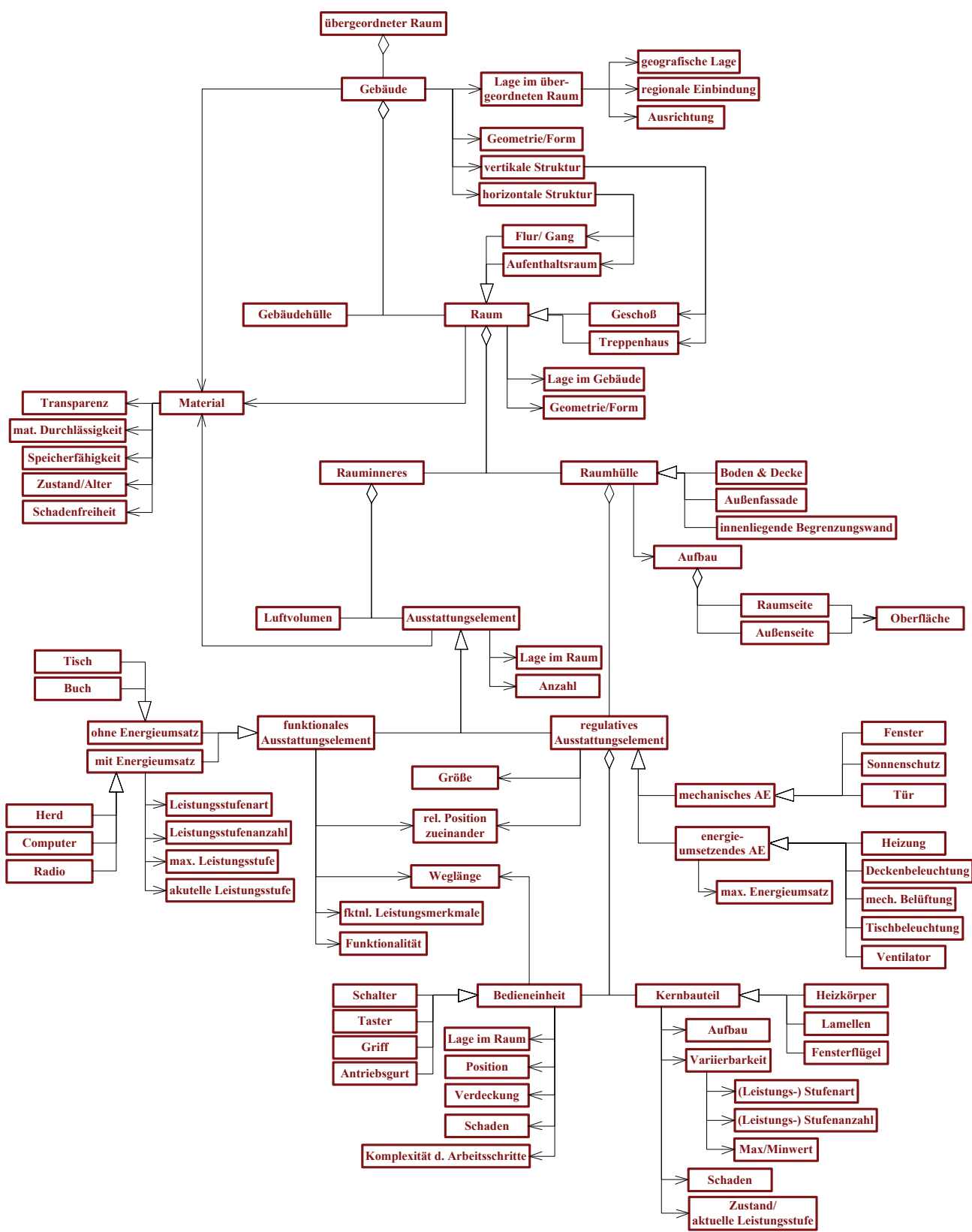


Abbildung 12 Grafische Darstellung der Taxonomie des Gebäudes.

4.3.5 Interrelationen zwischen den Bereichen Umgebungsbedingungen und Gebäude

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die Bereiche „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ hinsichtlich ihrer definierenden Eigenschaften taxonomisiert. Diese Eigenschaften lassen sich direkt den jeweiligen Bereichen zuordnen. Die Betrachtung der Realitätsartikulation führt jedoch zu der Erkenntnis, dass zwischen diesen Bereichen zusätzlich vielfältige Interrelationen bestehen, die zeigen, dass die Bereiche nicht unabhängig voneinander existieren. Der nun folgende Abschnitt dient dazu, diese Interrelationen aufzuzeigen, hinsichtlich ihrer Relevanz für das Handeln des Individuums zu analysieren und systematisch zu ordnen. Die Darstellung folgt dabei einer gedachten **Wirkungskette**, die bei den Umgebungsbedingungen außerhalb des Gebäudes beginnt und über die Gebäude- bzw. Raumhülle bis in das Rauminnere verläuft. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Lokalisierung der Umgebungsbedingungen relativ zur Topologie des Gebäudes, die im ersten Abschnitt durchgeführt wird.

Im Vergleich mit den vorangegangenen Abschnitten wird im Zuge dieser Interrelationsdarstellung auf eine *ergänzende Darstellungsart* zurückgegriffen: Einzelne Interrelationen werden nicht nur als Text beschrieben, sondern parallel zum Text ebenfalls mit einer Pfeilgrafik dargestellt. Wie bei den zuvor verwendeten grafischen Taxonomiedarstellungen werden hierbei Farben verwendet. Diese stimmen mit der Farbverwendung der einzelnen Taxonomiedarstellungen überein, d.h., die Farbe Braun wird für Merkmale des Gebäudes und die Farbe Grün für die Merkmale der Umgebungsbedingungen verwendet. Dies soll einerseits die Lesbarkeit der Grafiken durch eine bessere Zuordenbarkeit der Merkmale verbessern, gleichzeitig kann dadurch jedoch auch die Beschriftung der Grafiken auf ein einfaches Maß reduziert werden: Ein grünes Kästchen mit der inneren Beschriftung „Intensität“ kann somit als Intensitätsmerkmal von Umgebungsbedingungen gelesen werden, ohne dass explizit der Begriff „Umgebungsbedingungen“ aufgeführt wird. Eigenschaften, die sich aus der jeweiligen Interrelationsbeziehung ergeben, werden hingegen in der neutralen Farbe Schwarz dargestellt.

Die Beziehungen zwischen den Eigenschaften werden durch gerichtete Pfeile dargestellt, die jedoch nicht der UML-Systematik entstammen. Es wird durch die grafische Darstellung nicht ausführlich beschrieben, welcher Art die Beziehung ist. Dieser Zusammenhang wird lediglich im Text dargestellt. Dennoch werden zwei Interrelationseigenschaften durch die Pfeile unterschieden: Die jeweilige Pfeilrichtung beschreibt, dass das Element, auf das die Pfeilspitze zeigt, von dem Element, von dem der Pfeil ausgeht, beeinflusst wird (und nicht umgekehrt). Weist ein Pfeil zwei Spitzen auf, so liegt eine gegenseitige Beeinflussung der Merkmale vor. Pfeile können jedoch auch von einem Merkmal auf einen Pfeil zeigen, der zwei oder mehrere Merkmale verknüpft (z.B. Abbildung 14 auf Seite 99). Damit wird verdeutlicht, dass dieses Merkmal die Beziehung zwischen den beiden anderen Merkmalen beeinflusst (z.B. spezifiziert).

4.3.5.1 Der Zusammenhang zwischen der Gebäude- und Raumtopologie und der Lokalisierung der Umgebungsbedingungen

In der Realitätserzählung wird auf Umgebungsbedingungen häufig mit einem **Ortsattribut** Bezug genommen. Begriffe wie „Außen“-Temperatur oder „Innenraum“-Luft beschreiben jedoch keine direkten Eigenschaften der Umgebungsbedingungen, sondern ergeben nur unter Rückgriff auf ein räumliches Bezugssystem Sinn. Dieses Bezugssystem wird im Rahmen dieser Arbeit durch die topologischen Merkmale des Gebäudes und seiner Räume zur Verfügung gestellt. Dabei wird in den folgenden Unterabschnitten zwischen der Differenzierung auf Raumebene (Umgebungsbedingungen in verschiedenen Räumen) und der Differenzierung auf Innenraumebene (Umgebungsbedingungen an verschiedenen Orten eines zusammenhängenden Raums) unterschieden.

Beispiele für Ortszuordnungen aus der Realitätserzählung sind in Tabelle 17 auf der nachfolgenden Seite aufgeführt.

4.3.5.1.1 Topologische Differenzierung von Umgebungsbedingungen zwischen Räumen

Konkret ergeben sich aus dieser Eigenschaftskombination also unterschiedliche **Ortszuordnungen** für Umgebungsbedingungen: Sie können **außerhalb** und **innerhalb des Gebäudes** auftreten, wobei diese Trennung

Tabelle 17

Textbeispiele für die Ortsattribute von Umgebungsbedingungen.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Ortsattribute	„... dass es dann - wegen der kalten Temperaturen außen - schlagartig zu kalt werden wird.“ „... und ertrage eine Zeit lang die von außen eintretende kalte Luft.“ „Es ist mäßig warm draußen ...“ „... in der von außen einströmenden, i.d.R. kälteren Luft zu sitzen.“ „Aber selbst wenn die Außenluft nicht kühler ist als die Innenraumluft ...“ „Wegen des starken Winds außen muss ...“ „... da es draußen tatsächlich ganz schön laut ist.“ „Wieder im Büro angekommen stelle ich fest, dass die Luft dort schlecht ist ...“

relativ zum topologischen Merkmal **Gebäudehülle** des Gebäudes erfolgt. Die innerhalb des Gebäudes auftretenden Umgebungsbedingungen können wiederum in jene aufgeteilt werden, die **innerhalb** und jene, die **außerhalb** des (**betrachteten**) **Raums** vorliegen (Einordnung relativ zum topologischen Merkmal **Raumhülle**). Außerhalb des Raums (aber innerhalb des Gebäudes) treten Umgebungsbedingungen entweder in **direkt benachbarten Räumen** (oberhalb, unterhalb oder seitlich) oder in **nicht direkt benachbarten Räumen** auf. Direkt benachbarte Räume werden dabei hervorgehoben, da die Umgebungsbedingungen - direkt von diesen benachbarten Räumen ausgehend - über die Raumhülle unmittelbar in den betrachteten Raum übertragen werden können.

Abbildung 13 zeigt Beispiele für die Kombination aus der Art der Umgebungsbedingung und den topologischen Merkmalen von Gebäude und Raum.



Abbildung 13

Beispielhaft konkretisierte Darstellung des Zusammenhangs zwischen Ort und Umgebungsbedingung.

4.3.5.1.2 Topologische Differenzierung von Umgebungsbedingungen innerhalb von Räumen

Zusätzlich zu den oben genannten Ortsattributen kann die Ortsbeschreibung von Umgebungsbedingungen durch die Angabe der **lokalen Eigenschaften** im Rauminnern oder außerhalb des Gebäudes (Außenraum) verfeinert werden. Beispielsweise kann die Ortsbeschreibung der Umgebungsbedingungen auf die **Oberflächen** des Gebäudes/ der Raumhülle (z.B. der im alltäglichen Sprachgebrauch häufig verwendete Begriff „kalte Oberflächen“) oder auf verschiedene **Höhen** (z.B. Windgeschwindigkeit im 10. Obergeschoss) Bezug nehmen. Die Ortsdifferenzierung ermöglicht es außerdem, Umgebungsbedingungen hinsichtlich ihrer **Ausbreitungsrichtung** und **Ausbreitungsgeschwindigkeit** zu differenzieren. In der Realitätserzählung lassen sich einige Hinweise auf diese inhomogene Verteilung der Umgebungsbedingungen finden („... *ich sitze sozusagen im Schatten der Außenwand* ...“, „... *i.d.R. so weit, dass mein Tisch und mein Körper verschattet sind, jedoch nicht weiter* ...“).

Die lokale Ausbreitung der Umgebungsbedingungen im Innenraum erfährt insbesondere dadurch Bedeutung, dass sie mit der Lage der Ausstattungselemente innerhalb des Bezugssystems „Raumtopologie“ verglichen werden kann (siehe Abschnitt 4.3.4.5 auf Seite 86). Dadurch kann diejenige Intensität der Umgebungsbedingungen festgelegt werden, die am Standort des Ausstattungselements vorliegt. Beispielsweise kann ein Schreibtisch innerhalb des Wirkungsbereichs der Sonnenstrahlen liegen (er wird also direkt besonnt, es wird kein Kunstlicht benötigt) oder eben außerhalb davon.

4.3.5.2 Der Zusammenhang zwischen der Lage und der Topologie des Gebäudes und den Eigenschaften der Außenumgebungsbedingungen

Eine Reihe topologischer Parameter *bestimmt* die Eigenschaften der Umgebungsbedingungen, die außerhalb des Gebäudes auftreten (Außenumgebungsbedingungen). Nachfolgend wird analysiert, um welche Parameter es sich dabei handelt und auf welche Art sie die Umgebungsbedingungen für das Gebäude mitbestimmen.

4.3.5.2.1 Die Abhängigkeit der Außenumgebungsbedingungen von der Lage des Gebäudes

Die Lage des Gebäudes kann mithilfe eines übergeordneten, räumlichen Bezugssystems beschrieben werden (siehe Abschnitt 4.3.4.1). An diese Lage sind Umgebungsbedingungen auf eine typische Art und Weise geknüpft. Die **geografische Lage** bestimmt beispielsweise das **typische, globale Klima** des Gebäudestandorts durch die Zuordnung zu einer definierten Klimazone (z.B. „Subtropen“ oder „gemäßigte Zone“). Hierdurch werden im Wesentlichen die meteorologischen Umgebungsbedingungen mitbestimmt (z.B. Temperatur, Sonneneinstrahlung, Niederschlag). Die Umgebungsbedingungen zweier identischer Gebäude, deren geografische Lage vergleichbar ist, können jedoch durch die jeweilige **regionale infrastrukturelle Einbindung** erhebliche Unterschiede aufweisen. Die beiden in der Realitätserzählung erwähnten Gebäudekomplexe (Universität und Wohnhaus) liegen beispielsweise innerstädtisch, was im Vergleich mit einer z.B. ländlichen Lage ebenso eine **Modifikation der klimatischen Bedingungen** zur Folge hat (z.B. Temperaturänderungen durch Speicherung in den Bauteilen, Windkanalisation durch Gebäudeschluchten, Verschattung durch andere Gebäude). Gleichzeitig ändern sich die **Emittenten** mit der regionalen Einbindung: die Nähe zu befahrenen Straßen oder zu frequentierten Restaurants erhöht in der Realitätserzählung den Lärmpegel in der unmittelbaren Nähe des Gebäudes. Der Bezug zur lokalen Umgebung und zur Sonne verändert sich jedoch wiederum mit der **Ausrichtung** des Gebäudes. Z.B. verändern sich der zeitliche Verlauf und das Maximum der Intensität der **Sonneneinstrahlung** mit der Ausrichtung der Gebäudefassade. Zusätzlich spielt eine Rolle, ob das Gebäude durch seine Ausrichtung **Immisionsquellen** wie z.B. Lärm zu- oder abgewandt ist (Tabelle 18).

Tabelle 18

Beispiele für die Beeinflussung der Umgebungsbedingungen des Gebäudes durch die Lage und die Geometrie und Form des Gebäudes.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Regionale Einbindung	„Da das TU-Gebäude innerstädtisch liegt ist es jedoch um das Gebäude herum häufig ziemlich laut .“ „... um das Gebäude herum häufig ziemlich laut . Das liegt z.B. am starken Autoverkehr auf der Straße unterhalb meines Fensters ...“ „... vor allem gibt es jedoch in der näheren Umgebung das ein oder andere Restaurant .“ „Die Fassade des Büroraums ist praktisch zu keinem Zeitpunkt des Tages durch andere Gebäude verschattet .“
Ausrichtung des Gebäudes/ der Gebäudefassaden	„Die große Fensterseite im Wohnzimmer zeigt Richtung Westen (zum ruhigen Hinterhof) , ...“ „... in der Straße in der ich wohne, was im Schlafzimmer (das zu dieser Straße zeigt) deutlich hörbar ist.“
Form und Geometrie des Gebäudes	„Die Büroräume der Kollegen auf der anderen Seite sind allerdings nachmittags häufig verschattet: Hier wirft der gegenüberliegende Hauptriegel des TU Gebäudes , der mindestens ein Geschoss höher ist, seinen Schatten auf unseren Nebenriegel.“

4.3.5.2.2 Die Abhängigkeit der Außenumgebungsbedingungen von der Geometrie des Gebäudes und der Lage des Raums

Die Form und Geometrie eines Gebäudes können vielfältig variieren. Denkbare Merkmalsausprägungen sind Attribute wie „schlank und hoch“, „gedrungen“ oder „U-förmig“. Einige dieser Form- und Geometrievarianten können offenbar die Außenumgebungsbedingungen für bestimmte Teile des Gebäudes beeinflussen. Bei einer Gebäudeform mit mehreren Riegeln ist z.B. zu erwarten, dass Teile der Gebäudefassade durch andere Gebäuderiegel zeitweise verschattet werden. Diese **Eigenverschattungen** der Gebäudefassade gilt nicht nur für die **Sonneneinstrahlung**, sondern z.B. auch für den **Schalleintrag** (schallabschirmende Funktion). Der Einfluss der Geometrie ist dabei natürlich von der topologischen Zuordnung des betrachteten Raums abhängig. Die Tabelle 18 zeigt einige Beispiele zur Relevanz topologischer Gebäudeeigenschaften für die Außenumgebungsbedingungen auf.

4.3.5.3 Der Zusammenhang zwischen den Übertragungseigenschaften der Raumhülle und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

Die Außenumgebungsbedingungen stellen also den Ausgangspunkt einer **Wirkungskette** dar, deren erster Einwirkungspunkt die Hülle des Gebäudes ist. Über die Gebäudehülle können Umgebungsbedingungen in den Innenraum übertragen werden, wobei das **Material** der Hülle und ihre **Zusammensetzung** (aus regulativen Ausstattungselementen in der Hülle und zusätzlich unveränderbaren Anteilen) die **Übertragungseigenschaften** bestimmen.⁹ In der Realitätserzählung stehen hierfür die sehr allgemein gehaltenen Begriffe der **Transparenz** und der **materiellen Durchlässigkeit** der Hülle.

4.3.5.3.1 Die Spezifizierung der allgemeinen Übertragungseigenschaften der Hülle durch die Art der Umgebungsbedingungen

Die Übertragungseigenschaften der Hülle lassen sich jedoch spezifizieren, wobei zwischen der **Art der Umgebungsbedingungen** und den **spezifischen Übertragungseigenschaften der Hülle** Interrelationen bestehen. Da **materielle** Umgebungsbedingungen vorwiegend konvektiv - d.h. durch den Transport mit der Bewegung der Luft - übertragen werden (die Transportgeschwindigkeit durch Diffusion ist um Potenzen geringer) erfolgt deren Transport in erster Linie durch die Öffnungen in der Gebäudehülle. Ist die Hülle geschlossen, so kann praktisch kein konvektiver materieller Austausch stattfinden. **Energetische** Umgebungsbedingungen können hingegen sowohl durch Konvektion als auch durch Transmission übertragen werden. Auch bei geschlossener Hülle ist der Energietransport daher durch Transmission in erheblichem Maß und mit relativ großer Geschwindigkeit - in Abhängigkeit der Materialeigenschaften - möglich. Verglasungen sind also z.B. für Sonnenstrahlen und Licht durchlässig (Energie), jedoch nicht für Luft und Regen (Materie). Geschlossene Wände lassen kein Licht hindurch, transmittieren jedoch Wärmeenergie. Öffnungen in der Hülle schließlich sind für praktisch alle Umgebungsbedingungen durchlässig. Tabelle 19 weist darauf hin, dass diese Zusammenhänge zur alltäglichen Erfahrungswelt des Nutzers zählen.

Tabelle 19
Beispiele für die Übertragung von Außenumgebungsbedingungen über die Hülle des Gebäudes.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Übertragung von Außenumgebungsbedingungen	„... damit Windböen nicht ungehindert eindringen ...“ „... und dass es während meiner Abwesenheit nicht durch das Fenster in den Raum regnet .“ „Ich empfinde es als angenehm in der von außen einströmenden, i.d.R. kälteren Luft zu sitzen ...“ „... der Raum nachts stark auskühlt ...“ „Häufig tritt die Strahlung jedoch so intensiv durch die Verglasung ...“ „Die Sonne scheint außerdem schon lange nicht mehr in mein Zimmer ...“ „... aber dennoch genügend Licht eintritt ...“ „Außerdem scheint die Fassade dicht zu sein ...“ „... um den Raum einmal durchzulüften ...“

Aus der Topologie des Raumes und der örtlichen Zuordnung von Umgebungsbedingungen ergibt sich zusätzlich, dass nicht nur die Außenhülle, sondern auch die Wände, der Boden und die Decke den Raum gegenüber Umgebungsbedingungen abgrenzen. Diese Umgebungsbedingungen sind zwar anders zusammengesetzt (z.B. Lärm aus benachbarten Räumen, jedoch nicht Sonneneinstrahlung oder Regen), für sie gelten jedoch die gleichen Übertragungsmechanismen, da sie entweder den materiellen oder den energetischen Umgebungsbedingungen zugeordnet werden können. Die Beispiele machen darüber hinaus klar, dass die Übertragung den **Ausbreitungsweg** von **außen nach innen** und den Ausbreitungsweg von **innen nach außen** betrifft. Z.B. kann frische Luft von außen in den Raum eintreten und verbrauchte Luft aus dem Raum nach außen gelangen.

Abbildung 14 stellt diesen Zusammenhang grafisch dar. Die unspezifischen Übertragungseigenschaften der Gebäudehülle (z.B. seine Transmissionsfähigkeit) werden dabei durch die Anwendung auf eine spezielle Art

⁹ Eigenschaften der Hülle, wie z.B. die Schichtfolge und die jeweiligen Schichtdicken - aus bauphysikalischer Sicht höchst relevant für die Übertragungseigenschaften - spielen für die Wahrnehmung des Nutzers vermutlich keine Rolle.

der Umgebungsbedingung (z.B. Temperatur) spezifiziert (spezifische Übertragungseigenschaft: Wärmetransmissionsfähigkeit). Erst in Kombination mit der Art der Umgebungsbedingung lassen sich also spezifische Übertragungseigenschaften für die Hülle definieren.

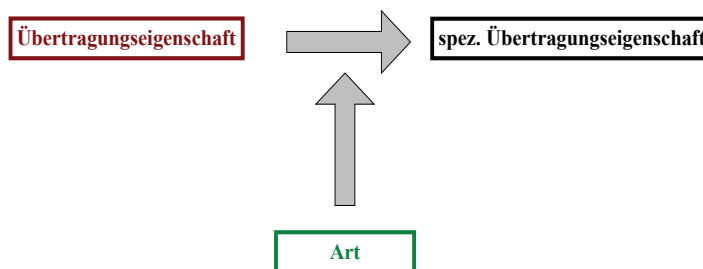


Abbildung 14 Grafische Darstellung der Spezifizierung der unspezifischen Übertragungseigenschaften der Gebäudehülle durch die Art der Umgebungsbedingung.

4.3.5.3.2 Die Quantifizierung der Übertragung von Umgebungsbedingungen über die Raumhülle durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen

Die spezifischen Übertragungseigenschaften wurden bisher lediglich qualitativ beschrieben. In Tabelle 19 sind jedoch Hinweise aufzufinden, die auf ein **quantitatives Verständnis** des Nutzers für die Übertragung von Umgebungsbedingungen schließen lassen (z.B. „stark auskühlender Raum“, „dichte Fassade“ als Quantifizierungsansätze für die Wärmeverluste des Raums über die Hülle). Präzise quantitative Beschreibungen der Übertragungsraten würden ähnlich konkrete und präzise Kenndaten der Hülle erfordern, die naturgemäß innerhalb des subjektiven Alltagsrealitätsbildes nicht auf dem Präzisionsniveau einer technischen Beschreibung auftauchen können. Nichtsdestotrotz kommen vergleichbare „Kenndaten“ auf einem einfachen Beschreibungsniveau in der Tagesablaufszählung vor (z.B. durch den vergleichenden Bezug auf die Größe und die Anzahl der Fenster: „größeres Fenster, kleineres Fenster“). Für die weitere Terminologisierung wird diese Art der Kenndaten der Gebäudehülle zusammenfassend „**konkrete spezifische Übertragungseigenschaften**“ genannt.¹⁰

Mithilfe dieses Begriffs lässt sich darstellen, dass die Übertragungsquantität nicht nur von den Eigenschaften der Hülle, sondern ebenfalls von der **Intensität** der vorliegenden **Umgebungsbedingungen** - sowohl außen als auch im Innenraum - abhängig ist. Die Wärmeverluste über die Außenhülle hängen z.B. davon ab, wie kalt es draußen ist: Der Erfahrung zufolge kühlt also ein Raum im Winter schneller und stärker aus, als im Herbst.

Es ist jedoch nicht nur die Übertragungsquantität, die durch die Intensität der Umgebungsbedingungen bestimmt wird. Stattdessen bestimmt die Übertragungsquantität im Gegenzug natürlich auch die **Intensität** und die **Art der Umgebungsbedingungen** des Innenraums, sodass zwischen diesen Merkmalen eine Wechselwirkung entsteht (vergleiche Abbildung 15). Die räumliche Ausbreitung der übertragenen Umgebungsbedingungen beeinflusst dabei die lokale Intensität der Umgebungsbedingungen im Innenraum.

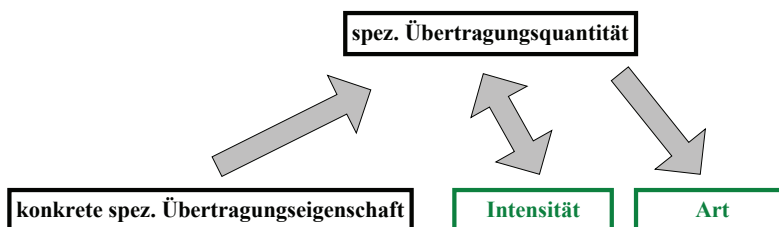


Abbildung 15 Grafische Darstellung der beeinflussenden Größen der spezifischen Übertragungsquantität.

¹⁰ Konkrete Kenngrößen wie z.B. der Transmissionsgrad der Verglasung oder der Wärmedurchgangskoeffizient der Wand o.Ä. oder gar dazugehörige Zahlenwerte sind mit größter Wahrscheinlichkeit kein Teil des Bildes, das sich der Alltagsnutzer von seiner Umgebung macht. Andererseits treten in der Realitätserzählung dennoch quantitative Merkmale der Ausstattungselemente wie z.B. „Größe“ oder „Anzahl“ auf und werden für die Beschreibung von Übertragungsvorgängen verwendet. Es scheint daher berechtigt, das Merkmal „konkrete spezifische Übertragungseigenschaften“ zu verwenden.

4.3.5.4 Der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften speziell der veränderbaren Anteile der Raumhülle und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

Mithilfe der veränderbaren Anteile der Raumhülle - also z.B. den regulativen Ausstattungselementen Fenster, Sonnenschutz und Türe - lassen sich die Übertragungseigenschaften der Hülle verändern. Dies ist der Grund, weswegen die regulativen Ausstattungselemente eine besondere Stellung im hier bearbeiteten Problemfeld einnehmen und an dieser Stelle gesondert - zusätzlich zu den generellen Eigenschaften der Hülle als Ganzes - dargestellt werden. Die wichtigen Interrelationen zwischen den regulativen Ausstattungselementen und den Umgebungsbedingungen werden in den nachfolgenden Unterabschnitten aus der Realitätserzählung abgeleitet.

4.3.5.4.1 Die Abhängigkeit der spezifischen Übertragungseigenschaften der Raumhülle vom Zustand der regulativen Ausstattungselemente der Raumhülle

Durch die Zustandsänderung eines in der Hülle angeordneten, regulativen Ausstattungselements (in der Grafik mit AE abgekürzt) ändern sich i.d.R. nicht nur einzelne, sondern stattdessen eine ganze **Summe spezifischer Übertragungseigenschaften** der Hülle. Die Realitätserzählung verweist auf einige dieser Zusammenhänge: Der Sonnenschutz verändert nicht nur den Durchtritt von Solarstrahlung, sondern naturgemäß auch den Durchtritt von Tageslicht und die Durchsicht. Das Öffnen des Fensters macht die Fassade durchlässig für Luft, aber ebenso für Schall. Die Veränderung des Elementzustands hat somit nicht nur die Änderung einer *einzelnen* spezifischen Übertragungseigenschaft der Hülle, sondern die Änderung eines ganzen **Fächers von spezifischen Übertragungseigenschaften** zur Folge. Die Veränderung des Elementzustands wirkt sich also auf die Übertragung zahlreicher Arten von Umgebungsbedingungen aus (in Abbildung 16 verallgemeinert durch „Art 1, Art 2, Art 3, ... symbolisiert). Tabelle 20 zeigt Beispiele hierzu, welche das Fenster und den Sonnenschutz betreffen.

Tabelle 20

Interrelationen zwischen dem Zustand regulativer Ausstattungselemente in der Hülle und der Art der spezifischen Übertragungseigenschaften der Hülle.

Merkmal	Beispielhafte Texterwähnung und erweiterte Beispiele
Fenster	beeinflusst: Luftdurchströmung, Schalldurchtritt, Durchgang von Licht und sonstiger Sonnenstrahlung
Sonnenschutz	beeinflusst: Durchgang von Licht/ sonstiger Solarstrahlung, Luftdurchströmung, Durchsicht nach innen/außen
Blendschutz	beeinflusst: Durchgang von Licht/ sonstiger Solarstrahlung, Luftdurchströmung, Durchsicht nach innen/außen

Auch hier gilt, dass die Zustandsveränderung gleichzeitig die Ausbreitung von außen nach innen und von innen nach außen betrifft (z.B. Wärme wird im Winter aus dem Raum und im Sommer in den Raum übertragen). Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 16 dargestellt.

4.3.5.4.2 Einschub: Dimensionale Betrachtung von „Regulation“

An dieser Stelle ist es erforderlich, die in Abschnitt 4.3.4.5 auf Seite 86 vorläufig durchgeführte Unterscheidung zwischen funktionalen und regulativen Ausstattungselementen weiter zu verfeinern. Eine weiterführende, zunehmend differenzierte Begriffsbildung und -definition für Gebäudeelemente dieser Art wird durch die besondere Bedeutung gerechtfertigt, die den Ausstattungselementen im Kontext des hier bearbeiteten Problemfelds zukommt: Zum einen sind Ausstattungselemente die zentralen Gegenstände des individuellen Handelns innerhalb des Gebäudes, da ihre Eigenschaften variabel sind und durch das Individuum an seine Bedürfnisse angepasst werden können. Zum anderen lassen sich durch spezielle Ausstattungselemente - die regulativen Ausstattungselemente wie z.B. Fenster, Heizung oder Sonnenschutz - die Umgebungsbedingungen im Innenraum und damit der Energiehaushalt des Gebäudes gezielt beeinflussen. Das Auftreten von Wirkungsfächern anstelle von einzelnen, isolierten Wirkungen, zeigt jedoch, dass die Verwendung regulativer Ausstattungselemente sowohl intendierte als auch nicht intendierte Zustandsänderungen der Umgebungsbedingungen zur Folge haben kann. Es ist daher sinnvoll, „**Regulation**“ als eine **bipolare Dimension** einzuführen, welche die Skala von **intendiert** (für Wirkungen, die beabsichtigt sind) bis **akzidentell** (für Wirkungen, die nicht beabsichtigt sind) umfasst. Ausstattungselemente können somit hinsichtlich ihrer Regulationswirkung auf diesem Kontinuum beschrieben werden.

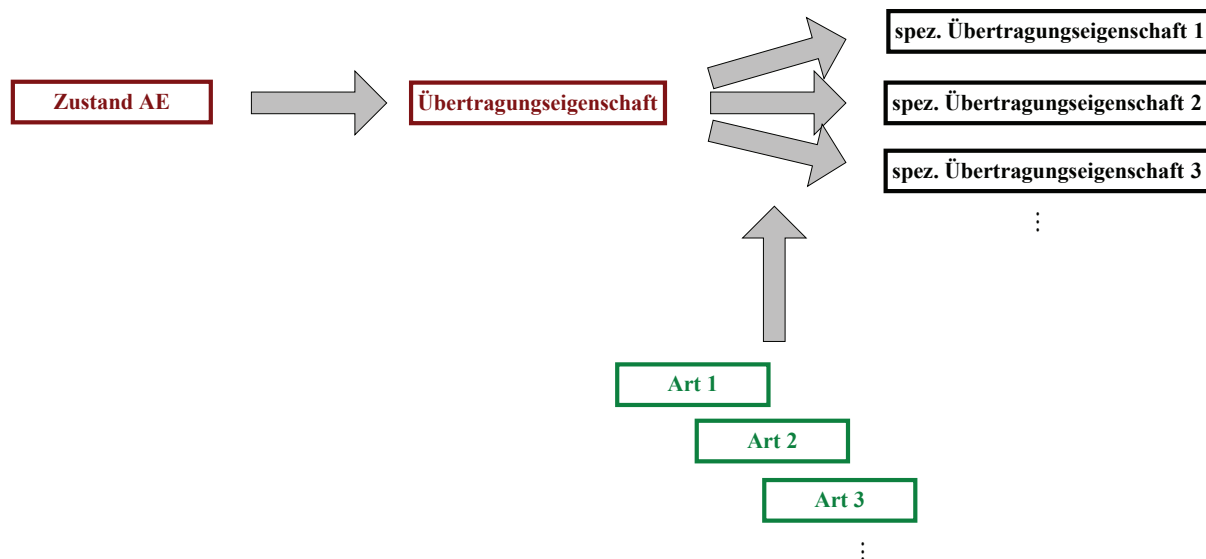


Abbildung 16

Grafische Darstellung der Abhängigkeit der spezifischen Übertragungseigenschaften der Raumhülle vom Zustand der regulativen Ausstattungselemente.

4.3.5.4.3 Die Quantifizierung der Übertragung von Umgebungsbedingungen speziell über die regulativen Ausstattungselemente der Raumhülle durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen

Die Tabelle 19 auf Seite 98 weist - alleine aufgrund der Fülle der Beispiele - darauf hin, dass die Übertragung über die regulativen Ausstattungselemente der Hülle (Fenster, Sonnenschutz, Tür) offenbar von größerer Bedeutung für den Nutzer ist, als die Übertragung über die unveränderbare Hülle (Wände, Decken, Böden). Dies ist plausibel, da eben nur die Übertragung über die veränderbaren regulativen Ausstattungselemente (z.B. Sonnenschutz) durch die Änderung ihres Zustands (z.B. offen/ geschlossen) beeinflusst werden kann, nicht jedoch die Übertragung über die unveränderbare Hülle.

Die Realitätserzählung zeigt entsprechend, dass unterschiedliche Zustände von regulativen Ausstattungselementen der Hülle mit unterschiedlichen **Übertragungsquantitäten** in Verbindung gebracht werden: Z.B. erhöht das Öffnen zusätzlicher Fensterflügel die Lüftungsrate oder der Sonnenschutz reduziert die Sonnenstrahlen im Raum in Abhängigkeit der Lamellenstellung oder des Maßes, um das er herabgelassen ist. Auch hier tauchen keine präzisen Kenndaten für die regulativen Ausstattungselemente in der Realitätserzählung auf, jedoch lässt sich die Interrelation mit der Intensität der Umgebungsbedingungen äquivalent zu Abschnitt 4.3.5.3.2 darstellen: Bei gleicher Größe der Fensteröffnung hängt es z.B. von der Windgeschwindigkeit außerhalb des Gebäudes ab, wie viel Luft eindringt („...kann nur das oberste Fenster öffnen, damit Windböen nicht ungehindert eindringen ...“). Die Verwendung des Sonnenschutzes ändert nur dann etwas am Eintrag der Sonnenstrahlung, wenn die Sonne auch scheint. Und schließlich ist das Lüften des Raums zu dessen Kühlung nur dann erfolgreich, wenn die Außentemperaturen geringer sind als die Innenraumtemperaturen. Außerdem bestimmt wiederum nicht nur die Intensität die Übertragungsquantität der Umgebungsbedingungen, sondern gleichzeitig werden auch die lokale **Intensität und die Art der Innenraum-Umgebungsbedingungen** durch die Übertragungsquantität und die räumliche Ausbreitung beeinflusst (vergleiche Abbildung 15 auf Seite 99).

4.3.5.4.4 Die spezifische Schadenanfälligkeit der regulativen Ausstattungselemente der Raumhülle

In Abschnitt 4.3.4.7.1 auf Seite 87 wurde darauf hingewiesen, dass regulative Ausstattungselemente einen Schaden aufweisen können. Daraus ergibt sich die Frage, welche Merkmale die Anfälligkeit der regulativen Ausstattungselemente für spezifische Schäden bestimmen. In Bezug auf das Beispiel der Windanfälligkeit des außenliegenden Lamellensonnenschutzes lassen sich Merkmale wie seine filigrane **Struktur** (konstruktiver Aufbau) und sein **Material** auffinden. Aus der **Lage** des Sonnenschutzes wiederum lässt sich die Intensität der Windbelastung bestimmen (Ortsattribut der Umgebungsbedingung). Weitere denkbare Beispiele sind Fenster, die bei starkem Wind geschlossen werden müssen, um keinen Schaden an den Beschlägen zu nehmen oder Ver-

glasungen, auf denen sich bei höherer Luftfeuchte Kondensat niederschlägt. Die spezifische Schadenanfälligkeit ist also offenbar eine Eigenschaft, die erst im Zusammenspiel von **Material** und **Aufbau** des regulativen Ausstattungselements und der **Art der Umgebungsbedingungen** definierbar ist: Elemente sind i.d.R. lediglich gegenüber bestimmten Umgebungsbedingungen anfällig. Die **Intensität** der Umgebungsbedingungen in Relation zur spezifischen Schadenanfälligkeit bestimmt dann, ob ein Schaden auftritt (siehe Abbildung 17). Andererseits bestimmt die Schadenanfälligkeit demnach, wie hoch die **maximal zulässige Intensität** ausfallen darf, um einen Schaden zu vermeiden. Die Intensität der Umgebungsbedingungen am Ort des regulativen Ausstattungselementes lässt sich außerdem durch die bereits in Abschnitt 4.3.5.1.2 auf Seite 96 definierten **lokalen Eigenschaften** der Umgebungsbedingungen - analog angewendet - feststellen.

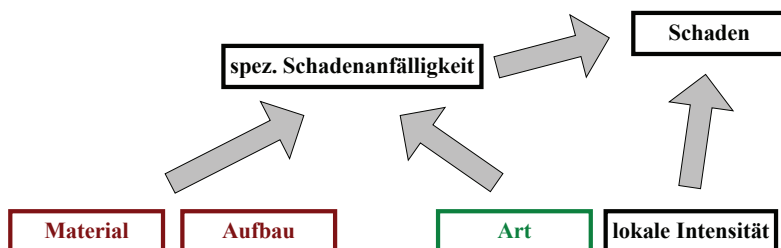


Abbildung 17
Grafische Darstellung derjenigen Merkmale, die Einfluss auf einen Schaden eines Ausstattungselements ausüben.

Die nachfolgende Tabelle 21 verweist auf Beispiele aus dem beschriebenen Tagesablauf für die **Schadenanfälligkeit** des Sonnenschutzes.

Tabelle 21
Beispiele für die Beschreibung der Schadenanfälligkeit des Sonnenschutzes.

Merkmals	Beispielhafter Textauschnitt
Schadenanfälligkeit	„... dass er sehr windempfindlich ist und ich keinen Schaden riskieren möchte.“ (Sonnenschutz) „... dass der Sonnenschutz über Nacht kaputt geht oder es dann doch noch reinregnet.“ (Sonnenschutz und Fenster)

4.3.5.5 Der Zusammenhang zwischen den raumseitigen Eigenschaften der Hülle und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

In den vorhergehenden Abschnitten wurde dargestellt, dass die spezifischen Übertragungseigenschaften der Raumhülle (der veränderbaren und der unveränderbaren Anteile) die Umgebungsbedingungen des Innenraums beeinflussen. Als nächstes Glied der Wirkungskette bestehen jedoch zusätzlich Wechselwirkungen zwischen diesen Umgebungsbedingungen des Rauminneren und bestimmten raumseitigen Eigenschaften der Raumhülle.

4.3.5.5.1 Die spezifische Schadenanfälligkeit der raumseitigen Hülle

Auch die raumseitige Hülle kann durch die Umgebungsbedingungen Schaden nehmen. Die spezifische Schadenanfälligkeit ist hierbei analog zu Abschnitt 4.3.5.4.4 definiert. Z.B. kann eindringender Regen das Parkett aufweichen oder hohe Luftfeuchten zu Schimmelpilzbildung führen, jedoch nur dann, wenn die lokale Intensität der Umgebungsbedingungen im Bereich der raumseitigen Hülle höher als die maximal zulässige Intensität ist.

4.3.5.5.2 Die Spezifizierung der allgemeinen Speicher-, Absorptions- und Reflexionseigenschaften der raumseitigen Raumhülle durch die Art der Umgebungsbedingungen

In diesem Kontext spielen die **Materialeigenschaften**, die bereits unter 4.3.4.9 aufgeführt wurden, eine wichtige Rolle. Dazu zählt z.B. die **Speicherfähigkeit** der Materialien: Aussagen der Realitätserzählung wie „... und der Raum dadurch über Nacht auskühlen kann ...“ und „... das Treppenhaus, das hier im Erdgeschoss - im Vergleich zu den Außentemperaturen - angenehm kühl ist ...“ oder die Tatsache, dass im Winter morgens

die Heizung als erstes aufgedreht wird (im Bewusstsein darüber, dass einige Zeit benötigt wird, bis der Raum warm ist), zeugen davon, dass dieser Aspekt durch den Nutzer zur Kenntnis genommen und in sein Kalkül einbezogen wird. Mit dem gleichen Rationale, dass von der generellen Übertragungseigenschaft der Hülle zu den spezifischen Übertragungseigenschaften führte - also z.B. von der generellen Transmissionseigenschaft durch Spezifikation zur spezifischen *Schall*transmissionseigenschaft der Hülle - lassen sich somit auch die spezifischen **Speichereigenschaften** der Materialien definieren.

Der zuvor beschriebenen Übertragungseigenschaft der Hülle sind darüber hinaus **Reflexions- und Absorptionseigenschaften** thematisch verwandt. Reflexion und Absorption werden in der vorliegenden Realitätserzählung zwar nicht explizit genannt, dennoch sind leicht Beispiele für deren Bedeutung in der Alltagserfahrung aufzufinden: Der Eindruck eines umgangssprachlich „hellen Raums“ hängt nicht nur von der Übertragung von Licht, sondern auch von den Lichtreflexionen an der Raumhülle ab (Farbe). Die alltagskonforme Erfahrung eines „Echos“ in einem Raum wiederum zeigt den Bezug zu den akustischen Reflexions- und Absorptionseigenschaften der Oberflächen. Diese Beispiele belegen, dass sich diese Materialeigenschaften nur mit Bezug auf die Art der Umgebungsbedingungen beschreiben lassen. Die Art der Umgebungsbedingungen **spezifiziert** dabei - wie zuvor im Kontext der „Übertragung“ und „Speicherung“ - die generelle Eigenschaft des Materials.

4.3.5.5.3 Die Quantifizierung der Speicherung, Reflexion und Absorption von Umgebungsbedingungen durch die raumseitige Raumhülle durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen

Auch in diesem Zusammenhang lässt sich aus den spezifischen Speicher-, Absorptions- und Reflexionseigenschaften in Kombination mit einerseits der Intensität der spezifischen Umgebungsbedingung und andererseits „konkreten Kenndaten“ der raumseitigen Hülle der Begriff der **spezifischen Speicher-, Absorptions- und Reflexionsquantität** ableiten.

Der hier also ebenfalls durchgeführte Schritt von einer spezifischen Eigenschaft zu einer quantitativen Beschreibung lässt sich wieder damit begründen, dass in der Tagesabläuferzählung ein quantitatives Verständnis des Nutzers zu erkennen ist, auch wenn sich dieses nicht in numerisch exakten Größen für die Kenndaten der Gebäudehülle äußert (siehe Abschnitt 4.3.5.3.2 auf Seite 99 und den dortigen Hinweis auf „*stark auskühlender Raum*“, „*dichte Fassade*“). So zeigt die Alltagserfahrung beispielsweise, dass die Entladung von Wärme aus dem materiellen Speicher des Gebäudes nur dann erfolgreich ist, wenn die Temperaturen, die diese Materie umgeben, entsprechend gering sind (Intensitätsabhängigkeit). Bei den **konkreten spezifischen Speicher-, Absorptions- und Reflexionseigenschaften** - also dem Alltagsnutzer bewussten und mit einer quantitativen Dimension behafteten Eigenschaften der raumseitigen Hülle - könnte es sich in diesem Zusammenhang z.B. um Wandeigenschaften wie „schwer/leicht“ oder „hell/dunkel“ handeln. Die spezifischen Speicher-, Absorptions- und Reflexionsquantitäten beeinflussen im Gegenzug wiederum die lokalen Intensitäten, mit denen die Umgebungsbedingungen im Rauminneren vorliegen, sodass auch hier wieder eine Wechselwirkung festzustellen ist (siehe Abbildung 15 und Abschnitt 4.3.5.3.2 auf Seite 99).

4.3.5.5.4 Die Wirkung von Energie- und Materieemissionen der raumseitigen Raumhülle auf die Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

Darüber hinaus werden die Innenraumbedingungen jedoch auch durch die **Emissionseigenschaften der Materialoberflächen** beeinflusst. Beispielhaft lassen sich dazu einige relevante Materialeigenschaften anführen, die zwar nicht explizit in der Realitätserzählung aufgeführt sind, bei denen jedoch auch vermutet werden kann, dass sie erst dann „erwähnenswert“ sind, wenn ihre Eigenschaften „unüblich“¹¹ sind: Dazu zählt der Geruch¹² des

¹¹ Ausführliche Überlegungen dazu, was die Begriffe „erwähnenswert“ und „unüblich“ genau beinhalten, werden im Abschnitt 5.4.2 auf Seite 228 über Bewusstseins- und Aufmerksamkeitstheorien angestellt.

¹² Der Begriff „Geruch“ ist mehrdeutig da er immer auch die Wahrnehmung durch das Individuum beinhaltet und somit nicht alleine von den Materialeigenschaften abhängt. Ähnliches gilt z.B. auch für das weiter oben angeführte Merkmal „Farbe“. Umgangssprachlich zählt der Geruch eines Materials jedoch zu dessen beschreibenden Eigenschaften.

Materials wie z.B. die typischen „Neu“-Gerüche von Fußbodenbelägen oder die Abgabe von Feuchte (z.B. Bau-feuchte). Diese Emissionen stellen **Energie- und Materiequellen** dar und wirken sich somit auf die Art und die Intensität der Umgebungsbedingungen im Innenraum aus.

4.3.5.6 Der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften des Rauminneren und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

Einige Merkmale des Gebäudes, die topologisch dem Innenraum zugeordnet sind, stehen im weiteren Verlauf der Wirkungskette in einer interrelationalen Beziehung zu den Innenraum-Umgebungsbedingungen. Dazu zählen in erster Linie die Merkmale der regulativen und funktionalen Ausstattungselemente des Innenraums, die z.B. aufgrund ihrer Emissionen die Art und Intensität der Umgebungsbedingungen im Rauminneren beeinflussen. Die nachfolgenden Unterabschnitte zeigen diese Merkmale und ihre Verknüpfungen zu den Merkmalen der Umgebungsbedingungen nacheinander auf.

4.3.5.6.1 Die Auswirkung der topologischen Raumeigenschaften auf die lokalen Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

In Abschnitt 4.3.5.1.2 auf Seite 96 wurde eine topologische *Differenzierung* der Umgebungsbedingungen innerhalb von Räumen vorgenommen und gezeigt, dass der Raumnutzer zwischen Eigenschaften der Umgebungsbedingungen in Abhängigkeit des Ortes des Auftretens differenziert (z.B. Oberflächentemperaturen, Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Höhe).

Für die *Ursachen* dieser lokalen Verteilung der Eigenschaften der Umgebungsbedingungen werden verschiedene topologische Raumeigenschaften in der Tagesabläuferzählung identifiziert. Hierzu zählen Erwähnungen der **Geometrie** und **Form** des Raums (z.B. die Anordnung der Außenwand) oder auch die **Lage einzelner Ausstattungselemente**, auch zueinander (z.B. „... gegenüber noch die Fenster oder die Tür öffnen kann und somit ein Durchzug entsteht.“)¹³

4.3.5.6.2 Die spezifische Schadenanfälligkeit der Ausstattungselemente im Rauminneren

Es ist denkbar, dass Ausstattungselemente im Rauminneren - sowohl regulative als auch funktionale Ausstattungselemente - einen Schaden durch die Umgebungsbedingungen erleiden können. Das Eindringen von Regen ist z.B. ein potenzielles Risiko, das zu Schäden an elektrischen Geräten führen kann. Die spezifische Schadenanfälligkeit ist wiederum analog zu Abschnitt 4.3.5.4.4 definiert und hängt ebenfalls von den lokalen Intensitäten der entsprechenden Umgebungsbedingungen ab. Diese dürfen die **maximal zulässigen Intensitäten**, die durch die spezifische Schadenanfälligkeit bestimmt werden, nicht überschreiten.

Die lokale Intensität der Umgebungsbedingungen im Innenraum hängt von verschiedenen Raumeigenschaften ab - siehe vorhergehenden Abschnitt 4.3.5.6.1. Zusätzlich kann in diesem Fall jedoch auch die **relative Position** zwischen dem *betrachteten* Ausstattungselement und dem *übertragenden/ emittierenden* Ausstattungselement herangezogen werden (siehe Abschnitt 4.3.4.8 auf Seite 89): Steht der Computer ausreichend weit weg vom Fenster, so ist eindringender Regen keine Gefahr. Relative Positionen zwischen Ausstattungselementen haben die Eigenschaft, i.d.R. verändert werden zu können (der Computer kann also auch vom Fenster weggestellt werden). Der alltägliche Sprachgebrauch verweist außerdem darauf, dass im Alltagsdenken und -handeln eher die Beschreibung relativer Positionen als die Beschreibung absoluter Positionen verwendet wird (z.B. stellt man die Pflanze ans Fenster - also in die Sonne - oder nimmt das Papier vom Tisch - also aus dem Zug, jedoch bewegt man die Pflanze oder das Papier nicht um x, y und z Einheiten in bestimmte Richtungen).

¹³ Aus bauphysikalischer und thermodynamischer Sicht sind natürlich mehr Aspekte für die Verteilung der Umgebungsbedingungen im Raum verantwortlich, als die hier aufgeführten Merkmale. Insbesondere zählen hierzu die Reflexions- und Absorptionseigenschaften des Raums. Die Realitäts-erzählung gibt jedoch keine konkreten Hinweise darauf, dass diese Eigenschaften **aus dem Blickwinkel des Nutzers** eine entscheidende Rolle für die **lokale Ausbreitung** der Umgebungsbedingungen spielen. Da im hier behandelten Kontext die dem Nutzer vermutlich bewussten Wirkungsrelationen und eben nicht die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge untersucht werden sollen, wird somit eine Berücksichtigung von Reflexionen als nicht erforderlich betrachtet.

4.3.5.6.3 Die Wirkung von Energie- und Materieemissionen der energieumsetzenden, regulativen Ausstattungselemente auf die Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

Ein erheblicher Anteil der regulativen Ausstattungselemente benötigt Energie zum Betrieb (z.B. Heizung, Deckenbeleuchtung, Ventilator). Diese Ausstattungselemente variieren nicht die Durchlässigkeit der Raumhülle (wie Fenster, Tür und Sonnenschutz) sondern können die Intensität und Art der Innenraumumgebungsbedingungen *direkt* durch **Emission von Energie oder Materie** in Abhängigkeit der Anzahl der Geräte und ihrer Leistung verändern: Heizungen emittieren Wärme und erhöhen dadurch die Raumtemperatur, Deckenbeleuchtungen emittieren Licht und erhöhen damit die Helligkeit und Ventilatoren „emittieren“ Rotationsbewegungen und regen damit die Luftzirkulation im Raum an. Tabelle 22 listet einige Beispiele dazu auf.

Tabelle 22
Die verschiedenen Emissionsfächer der regulativen Ausstattungselemente des Rauminnenen.

Merkmal	Beispielhafte Texterwähnung und erweiterte Beispiele
Heizung	beeinflusst z.B.: Lufttemperatur, Strahlung, Geräusche/Lärm, relative Luftfeuchte
Kühlung	beeinflusst z.B.: Lufttemperatur, Strahlung, Geräusche/Lärm, relative Luftfeuchte
Beleuchtung	beeinflusst z.B.: Helligkeit, Lufttemperatur, Strahlung
Ventilator	beeinflusst z.B.: Luftbewegung, Geräusche/Lärm
mech. Belüftung	beeinflusst z.B.: Luftbewegung, Geräusche/Lärm, Luftqualität

In der Regel beschränken sich die Emissionen dieser Ausstattungselemente jedoch nicht auf *einzelne* Emissionen, sondern umfassen ganze **Emissionsfächer**: Z.B. führt die Energie des Lichts einer künstlichen Beleuchtung gleichzeitig zur Abgabe von Wärme und der Betrieb von Ventilatoren und Lüftungsanlagen häufig zusätzlich zur Emission von Lärm. Die Menge der Emissionen verhält sich dabei naturgemäß proportional zur Größe und Anzahl der verwendeten Elemente und der eingestellten Leistungsstufe. Der Zusammenhang zwischen dem Betrieb der energieumsetzenden, regulativen Ausstattungselemente und der Art und Intensität der verschiedenen Innenraum-Umgebungsbedingungen ist in Abbildung 18 verdeutlicht. Die Emissionsfächer werden in dieser Grafik wiederum durch die Bezeichnung „Art und Intensität 1,2,3, ...“ lediglich symbolisch dargestellt.

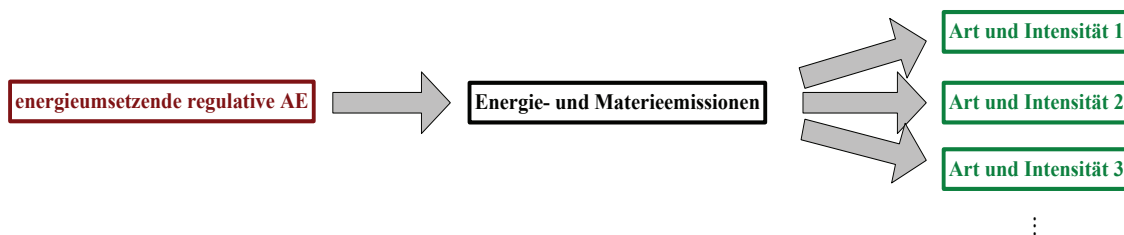


Abbildung 18
Grafische Darstellung der Wirkung von Energie- und Materieemissionen auf die Art und die Intensität der Innenraum-Umgebungsbedingungen.

Auch bei den energieumsetzenden, regulativen Ausstattungselementen zeigt sich also, dass ihre Verwendung neben den *intendierten*, **regulativen** Wirkungen auch *akzidentelle* Folgen aufweist (vergleiche Abschnitt 4.3.5.4.2 auf Seite 100).

4.3.5.6.4 Die Wirkung von Energie- und Materieemissionen der funktionalen Ausstattungselemente auf die Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

Viele funktionale Ausstattungselemente benötigen Energie für den Betrieb und emittieren dadurch während des Betriebs sowohl **Energie** als auch **Materie**: Ein Herd emittiert Wärme, eine Dusche Wärme und Feuchte, ein Computer Wärme und Lüftungsgeräusche, usw. Die Menge der Emissionen skaliert sich auch hier wieder mit der **Anzahl**, der **Größe** und der **eingestellten Leistungsstufe**.

Andere funktionale Ausstattungselemente benötigen zwar keine Energie, damit sie verwendet werden können, dennoch können sie - vergleichbar mit den Emissionen der raumseitigen Oberflächen, Abschnitt 4.3.5.5.4 auf Seite 103 - z.B. Gerüche emittieren. Neues Mobiliar kann beispielsweise eine ähnliche Geruchscharakteristik aufweisen wie ein neuer Fußbodenbelag.

Diese Beispiele zeigen, dass auch die funktionalen Ausstattungselemente die Art und die Intensität der Innenraum-Umgebungsbedingungen beeinflussen können. Auch ihnen muss damit eine **regulative** Wirkung auf die Innenraum-Umgebungsbedingungen zugesprochen werden. Diese Wirkung ist jedoch i.d.R. akzidentell, da mit ihrem Betrieb nicht die primäre Absicht verbunden ist, die Umgebungsbedingungen des Innenraums gezielt zu beeinflussen (so gibt der Computer zwar Wärme ab, dennoch wird der Computer deswegen nicht zur Beheizung des Raums verwendet).

4.3.5.6.5 *Einschub: Einführung und dimensionale Betrachtung von „Relevanz“*

Zur Abgrenzung derjenigen funktionalen Ausstattungselemente, die Energie und/oder Materie emittieren (mit oder ohne Energieeinsatz), gegenüber jenen, die emissionsfrei sind, ist es erforderlich, eine zusätzliche bipolare Beschreibungsdimension einzuführen. Diese bezieht sich auf die **Relevanz** der Ausstattungselemente für die Merkmalsausprägungen der Umgebungsbedingungen im Innenraum. Da per definitionem alle hier beschriebenen Gebäudemerkmalen für die Umgebungsbedingungen des Innenraums relevant sind, lässt sich jedoch keine Unterscheidung zwischen „relevant“ und „nicht relevant“ treffen. Allerdings lassen sich die Ausstattungselemente eines Gebäudes hinsichtlich der Frage unterscheiden, ob ihre Relevanz **mittelbar** oder **unmittelbar** zutage tritt. Emittierende, funktionale Ausstattungselemente sind aufgrund ihrer Energie- und Materieemissionen also **unmittelbar** für die Umgebungsbedingungen im Innenraum relevant. Die Relevanz nicht emittierender, funktionaler Ausstattungselemente zeigt sich hingegen nur **mittelbar**.

4.3.5.6.6 *Die Einschränkung der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente durch die Einwirkung von Umgebungsbedingungen*

Die Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente kann durch bestimmte Umgebungsbedingungen eingeschränkt werden. In der Realitätserzählung wird z.B. der Monitor beschrieben, auf dessen Oberfläche sich das Sonnenlicht spiegelt oder die Windböen, die drohen, Unterlagen vom Tisch zu wehen.

Ob die Funktionalität bedroht ist hängt also von der **Art der Umgebungsbedingung** und den **funktionalen Leistungsmerkmalen** des Elements ab: Beispielsweise verfügen bestimmte Monitore über technische Merkmale, die sie unempfindlicher gegenüber Überblendung machen als andere Monitortypen (z.B. höhere Leuchtdichte, günstigere Oberflächenbeschaffenheit), Headsets können eine unterschiedliche akustische Abschottung ermöglichen und sind somit unterschiedlich durchlässig für Lärm im Raum, Journalhefte lassen sich weniger leicht vom Tisch wehen als lose Blätter. Gegenüber Luftbewegungen sind Monitore hingegen nahezu unempfindlich, genauso wie Headsets gegenüber Sonnenstrahlen vergleichsweise unempfindlich sind. D.h., dass die Funktionalität immer einen spezifischen Bezug zu der Art der Umgebungsbedingung aufweist (analog zur „spezifischen Schadenanfälligkeit“, Abschnitt 4.3.5.4.4 auf Seite 101). Erst durch die gemeinsame Betrachtung der **lokalen Intensität** der Umgebungsbedingungen und der **spezifischen funktionalen Leistungsmerkmale** des Elements lässt sich dann die **Funktionalität** unter diesen Bedingungen feststellen (siehe Abbildung 19).

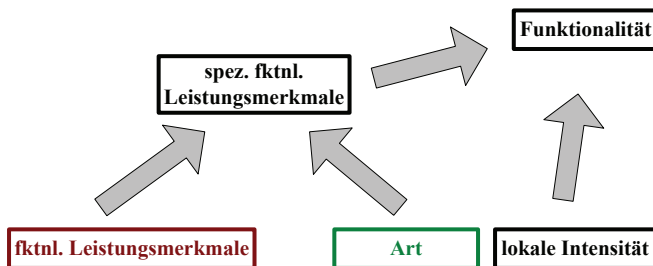


Abbildung 19 Grafische Darstellung derjenigen Merkmale, die Einfluss auf die Funktionalität eines funktionalen Ausstattungselements ausüben.

Auch in diesem Kontext kann die **relative Position** zwischen dem **funktionalen Ausstattungselement** und dem **übertragenden/ emittierenden Ausstattungselement** herangezogen werden (siehe Abschnitt 4.3.4.8 auf Seite 89): Ist die relative Position des Tisches in Bezug auf das Fenster derart, dass auch bei geöffnetem Fenster und starkem Durchzug keine Unterlagen vom Tisch geweht werden können oder ist der Monitor derart gedreht, dass die Bildschirmoberfläche nicht von Sonnenstrahlen erreicht wird, so kann keine Beeinflussung stattfinden (siehe Tabelle 23). Durch diese Beispiele wird außerdem ersichtlich, dass die spezifischen funktionalen Leistungsmerkmale ebenfalls - neben der spezifischen Schadenanfälligkeit - die **maximal zulässige Intensität** der Umgebungsbedingungen bestimmen.

Tabelle 23
Die räumliche Anordnung von funktionalen Ausstattungselementen.

Merkmal	Beispielhafte Texterwähnung und erweiterte Beispiele
Anordnung funktionaler Ausstattungselemente	„Mein Monitor steht jedoch senkrecht zur Fassade, so dass in einer solchen Situation die Sonnenstrahlen häufig auf die Monitoroberfläche treffen.“ „... hier gibt es ohnehin nicht viel, was von den Tischen geweht werden könnte, außerdem ist es ein seitliches Fenster, abseits vom Besprechungstisch ...“

4.3.5.7 Der Zusammenhang zwischen der Lage des Raums innerhalb des Gebäudes und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

In den vorhergehenden Abschnitten wurde dargestellt, dass die Eigenschaften der Raumhülle und des Rauminnen die Art und die Intensität der auftretenden Innenraum-Umgebungsbedingungen mitbestimmen. Mittelbar gilt dies auch für die Lage des Raums innerhalb des Gebäudes. Tabelle 24 gibt - in Ergänzung zu Tabelle 16 auf Seite 91 - einige Beispiele aus der Realitätserzählung an. Im Zusammenhang mit den Ausführungen zu den Interrelationen zwischen den Übertragungseigenschaften der Gebäudehülle und den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen zeigt sich jedoch, dass der Einfluss der Lage des Raums tatsächlich ein unmittelbarer Einfluss der Art und der Qualität der Raumhülle ist. Deren Eigenschaften sind es, die - vergleiche Abschnitt 4.3.4.10 auf Seite 90 über die Interrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen des Gebäudes - durch die Raumlage mitbestimmt werden: Innenliegende Räume verfügen z.B. über keine Außenfassade und können daher nicht direkt mit Außenluft versorgt werden. Zentral gelegene Räume verfügen zwar über eine Außenfassade, diese ist jedoch relativ klein, sodass diese Räume z.B. nur in geringem Umfang Heizenergie über die Hülle verlieren. Exponierte Räume hingegen, deren Raumhülle größtenteils an die Außenumgebungsbedingungen grenzt, können viel Heizenergie verlieren, jedoch auch viel Sonnenstrahlung aufnehmen.

Tabelle 24
Einfluss der Lage des Raums auf die Innenraum-Umgebungsbedingungen.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Innenraum-Umgebungsbedingungen in Abhängigkeit der Lage des Raums	„Das Badezimmer ist leider innenliegend , also ist kein Fenster zur Lüftung vorhanden ...“ „Darüber hinaus liegt die Wohnung ziemlich zentral im Gebäude , so dass ich praktisch zu allen Seiten heizende Nachbarn habe.“ „... der Raum hat sich - einem Eckraum entsprechend - im Tagesverlauf aufgewärmt .“

4.3.5.8 Ontologische Darstellung der Bereiche „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ in der Übersicht

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die Interrelationen beschrieben, die zwischen den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen und des Gebäudes durch die Analyse der Realitätserzählung identifiziert wurden. Für sie kann vermutet werden, dass sie dem Nutzer des Gebäudes bekannt sind und von ihm bei seinen Handlungen berücksichtigt werden. Nachfolgend werden diese Interrelationen und die daraus abgeleiteten Terminologien und aufgeführten Stichworte/ Beispiele einer besseren Übersichtlichkeit wegen noch einmal zusammengefasst aufgeführt. Dafür werden die Überschriften der vorangegangenen Unterabschnitte verwendet.

1) Der Zusammenhang zwischen der Gebäude- und Raumtopologie und der Lokalisierung der Umgebungsbedingungen

- i) Topologische Differenzierung von Umgebungsbedingungen zwischen Räumen
innen, außen, innerhalb/ außerhalb des Raums, in direkt/ in nicht direkt benachbarten Räumen
- ii) Topologische Differenzierung von Umgebungsbedingungen innerhalb von Räumen
Oberflächen, Höhen, Ausbreitungsrichtung, Ausbreitungsgeschwindigkeit

2) Der Zusammenhang zwischen der Lage und der Topologie des Gebäudes und den Eigenschaften der Außenumgebungsbedingungen

- i) Die Abhängigkeit der Außenumgebungsbedingungen von der Lage des Gebäudes
geografische Lage, typisches Klima, infrastrukturelle Einbindung, lokale Emittenten, Ausrichtung zu Immissionsquellen/ Sonne
- ii) Die Abhängigkeit der Außenumgebungsbedingungen von der Geometrie des Gebäudes und der Lage des Raums
Eigenverschattung (z.B.: Sonne, Schall)

3) Der Zusammenhang zwischen den Übertragungseigenschaften der Raumhülle und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

- i) Die Spezifizierung der allgemeinen Übertragungseigenschaften der Hülle durch die Art der Umgebungsbedingungen
Ausbreitungsweg (innen-außen, außen-innen)
- ii) Die Quantifizierung der Übertragung von Umgebungsbedingungen über die Raumhülle durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen
konkrete spezifische Übertragungseigenschaften

4) Der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften speziell der veränderbaren Anteile der Raumhülle und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

- i) Die Abhängigkeit der spezifischen Übertragungseigenschaften der Raumhülle vom Zustand der regulativen Ausstattungselemente der Raumhülle
Wirkungsfächer
- ii) Einschub: Dimensionale Betrachtung von „Regulation“
intendiert vs. akzidentell
- iii) Die Quantifizierung der Übertragung von Umgebungsbedingungen speziell über die regulativen Ausstattungselemente der Raumhülle durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen
konkrete spezifische Übertragungseigenschaften
- iv) Die spezifische Schadenanfälligkeit der regulativen Ausstattungselemente der Raumhülle
maximal zulässige Intensität

5) Der Zusammenhang zwischen den raumseitigen Eigenschaften der Hülle und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

- i) Die spezifische Schadenanfälligkeit der raumseitigen Hülle
maximal zulässige Intensität
- ii) Die Spezifizierung der allgemeinen Speicher-, Absorptions- und Reflexionseigenschaften der raumseitigen Raumhülle durch die Art der Umgebungsbedingungen
- iii) Die Quantifizierung der Speicherung, Reflexion und Absorption von Umgebungsbedingungen durch die raumseitige Raumhülle durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen
konkrete spezifische Speicher-, Absorptions- und Reflexionseigenschaften
- iv) Die Wirkung von Energie- und Materieemissionen der raumseitigen Raumhülle auf die Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen
Emissionsfächer

6) Der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften des Rauminneren und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

- i) Die Auswirkung der topologischen Raumeigenschaften auf die lokalen Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen
- ii) Die spezifische Schadenanfälligkeit der Ausstattungselemente im Rauminneren
veränderbare relative Position zueinander
maximal zulässige Intensität
- iii) Die Wirkung von Energie- und Materieemissionen der energieumsetzenden, regulativen Ausstattungselemente auf die Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen
Emissionsfächer
Regulation als bipolare Dimension: intendiert vs. akzidentell
- iv) Die Wirkung von Energie- und Materieemissionen der funktionalen Ausstattungselemente auf die Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen
Emissionsfächer
- v) Einschub: Einführung und dimensionale Betrachtung von „Relevanz“
mittelbar vs. unmittelbar
- vi) Die Einschränkung der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente durch die Einwirkung von Umgebungsbedingungen
veränderbare relative Position zueinander
maximal zulässige Intensität

7) Der Zusammenhang zwischen der Lage des Raums innerhalb des Gebäudes und den Eigenschaften der Innenraum-Umgebungsbedingungen

Einen zusätzlichen Überblick über die Beziehungen zwischen den Merkmalen des Gebäudes, den Umgebungsbedingungen und den neu definierten Begriffen bietet die Abbildung 20 auf Seite 110. Sie stellt eine *vereinfachte* Ontologie der beiden Bereiche grafisch dar und verdeutlicht damit die Komplexität der Zusammenhänge. Es sei in diesem Zusammenhang jedoch noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich dabei um das mutmaßliche Realitätsbild des Nutzers handelt - so wie es sich aus der Analyse der Realitätserzählung ergibt - und nicht um eine Analyse der *objektiven* Zusammenhänge zwischen den Bereichen. Dabei liegt es auf der Hand, dass aufgrund des heuristischen Vorgehens Unschärfen verbleiben, die diskussionswürdig sind.

Verschiedene Codierungen sollen helfen, diese komplexe Grafik verständlicher zu machen. Zunächst wurde die farbliche Codierung der einzelnen Bereiche beibehalten und auf die verwendeten Pfeile ausgeweitet. Das bedeutet beispielsweise, dass Merkmale des Gebäudes wie auch Pfeile, die von diesen Merkmalen ausgehen, in der bereits verwendeten braunen Farbe dargestellt sind. Merkmale, die sich erst aus Interrelationen ergeben, sind hingegen in schwarzer Farbe gekennzeichnet. Darüber hinaus wurde eine neue Art Pfeil eingeführt, um die Darstellung der Beziehungen der einzelnen Elemente zueinander zu verfeinern. Dabei handelt es sich um einen **gestrichelten Pfeil** mit offener Pfeilspitze. Im Gegensatz zum durchgezogenen Pfeil mit offener Spitze zeigt dieser Pfeiltyp kein Merkmal, sondern eine **Abhängigkeit** an. Der Pfeil geht dabei von dem abhängigen Element aus und zeigt auf das in diesem Kontext unabhängige Element (z.B. ist „Schaden“ ein Merkmal von „Kernbauteile“ und ist gleichzeitig abhängig von der „Schadenanfälligkeit“ des Ausstattungselements und der „Intensität“ der Umgebungsbedingungen).

Das Zentrum des Diagramms stellt der Bereich „Innenraum-Umgebungsbedingungen“ mit den Merkmalen „Art“ und „Intensität“ dar. Dieser Bereich ist in der Darstellung von den drei identifizierten Beeinflussungsmechanismen - Übertragung über und Modifikation durch die Raumhülle, Modifikation durch das Rauminnere - umgeben. Von hier ausgehend, zeigen verschiedene Abhängigkeitspfeile auf Merkmale, die sich unmittelbar auf diese Mechanismen auswirken. Von diesen Merkmalen wiederum ausgehend, verweisen Pfeile auf andere Merkmale, sodass sich hier - verfolgt man diese Verknüpfungen immer weiter - die überwiegende Mehrheit der textlich in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Interrelationen erkennen lassen. Um die Grafik nicht zu überfrachten, wurden einzelne Sachverhalte jedoch vereinfacht dargestellt (so wurde beispielsweise nicht explizit zwischen der Position der regulativen Ausstattungselemente unterschieden).

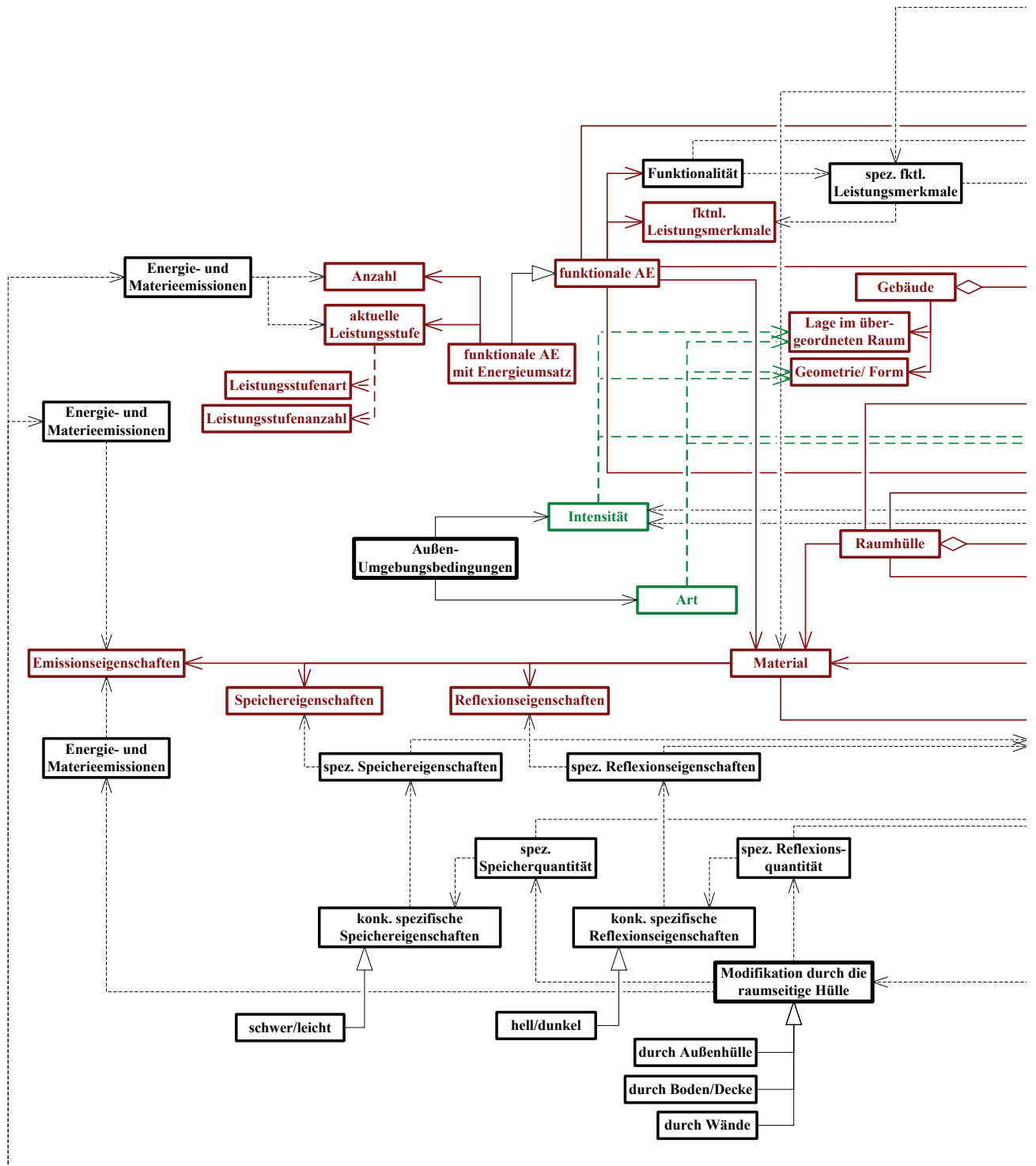
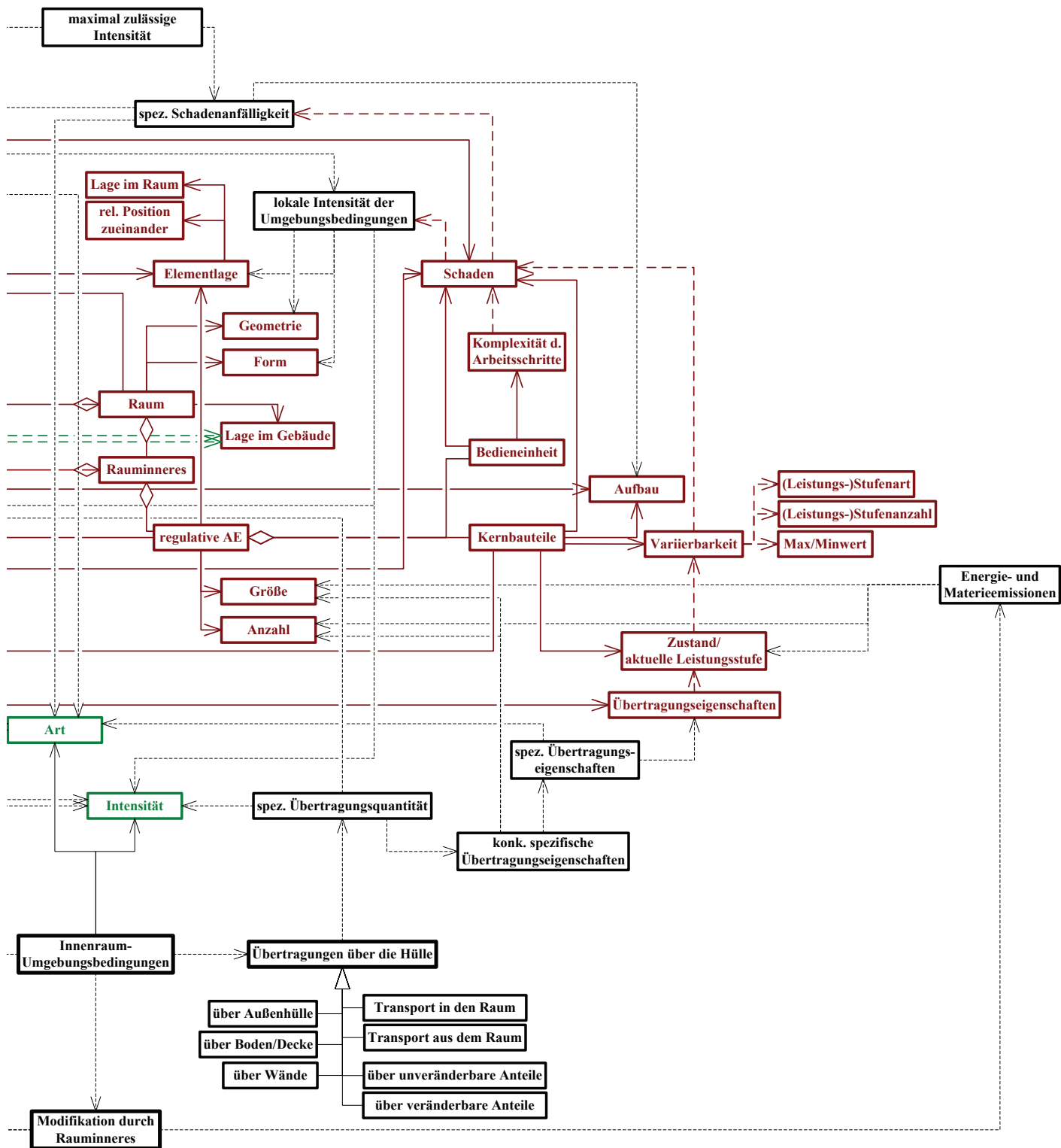


Abbildung 20
Ontologische Grundmatrix der Eigenschaften des Gebäudes und der Umgebungsbedingungen und ihrer Interrelationen.



4.3.6 Taxonomisierung des Bereichs „Individuum“

In dem folgenden Abschnitt werden diejenigen Individualeigenschaften aufgeführt und geordnet, die sich aus dem Primärtext der Realitätserzählung ableiten lassen und somit offenbar relevant für das Realitätsbild des Individuums sind. Verweise auf die Realitätserzählung erfolgen in diesem Abschnitt allerdings primär durch *einzelne* Zitate innerhalb des Fließtextes (in kursiv und Anführungszeichen) und nicht durch *tabellarisch* aufgeführte Mehrfachbeispiele. Dies liegt daran, dass die Einzelbeispiele in den meisten Fällen eindeutig sind und somit keine Mehrfachbeispiele zur Illustration erforderlich sind. Dort wo es sinnvoll ist und wo es als zulässig im Sinne des Gesamtverfahrens erachtet wird, werden außerdem ergänzende Informationen aus der Alltagsbeobachtung mit eingearbeitet. Interrelative Beziehungen zu den anderen Kategorialbereichen „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ werden dann, auf die gleiche Art wie im vorangegangenen Abschnitt, in den darauf folgenden Kapiteln beschrieben.

4.3.6.1 Funktionelle Differenzierung des sensorischen und des motorischen Apparats

Im Kontext dieser Arbeit soll zwischen zwei funktionellen Aspekten des menschlichen Körpers unterschieden werden, die für alle Individuen gleichermaßen gelten. Ihnen kommt in verschiedenen, später beschriebenen Zusammenhängen, Bedeutung zu. Hierzu zählt zum einen der **sensorische Apparat** (wie z.B. „*Auge*“, „*Haut*“, usw.) und zum anderen der **motorische Apparat** (wie z.B. „*Hände*“, „*Finger*“, usw.).

4.3.6.2 Die Bekleidung des Individuums

Zu den äußerlich gut identifizierbaren Eigenschaften des Individuums zählt die **Bekleidung**. Hierzu sollen nicht ausschließlich Kleidungsstücke in ihrer vielfältigen Ausprägung zählen, sondern ebenfalls Accessoires wie die in der Realitätserzählung erwähnten „*Ohrenstopfen*“ (oder Gehörschützer) oder Schlafbrillen u.Ä. Die Bekleidung besteht aus vielen **Einzelstücken**, die unmittelbar am Körper getragen werden und über diesen **verteilt** sind („*Jeans*“, „*langes und dickes T-Shirt*“, „*Schal*“, „*Mütze*“, „*Regenjacke*“, usw.). Diese Einzelstücke variieren - ähnlich der Hülle des Raums - hinsichtlich ihrer **Durchlässigkeitseigenschaften** („*dicke Kleidung*“).¹⁴ Analog hängt diese Durchlässigkeit vom **Material**, jedoch auch von **Aufbau bzw. Komposition** (z.B. mehrere Schichten) der Kleidung ab. Der momentane Bekleidungs**zustand** lässt sich durch diese Merkmale beschreiben.

4.3.6.3 Das Alter und das Geschlecht des Individuums

Individuen können hinsichtlich zwei wesentlicher „Basaleigenschaften“ unterschieden werden, und zwar hinsichtlich des Geschlechts und hinsichtlich des Alters. Unterschiede des **Geschlechts** schlagen sich in aller Regel in **physischen** Merkmalen nieder. Die Unterschiede (wie z.B. Statur, Kraft, Körperfett) sind zwar individuellen Ausprägungen unterworfen, sind jedoch gleichzeitig typisch verteilt. Gleiches gilt für das Alter, wobei es handhabbarer erscheint, nicht auf das numerische Alter, sondern auf die **Altersstufen** Bezug zu nehmen: So können Einteilungen wie z.B. Kleinkind, Kind, Jugendlicher, Erwachsener und Senior vorgenommen werden. Für unterschiedliche Altersstufen sind typische Ausprägungen **physischer** und **mentaler** Eigenschaften feststellbar („*ich frage mich häufig, was ältere oder körperlich weniger fitte Kollegen in einer solchen Situation machen ...*“).

4.3.6.4 Die Einschränkungen durch den Krankheits- und Behinderungszustand des Individuums

Der Krankheits- und Behinderungszustand des Individuums kann in vielerlei Hinsicht eine Rolle für individuelle Interaktionshandlungen spielen, da er sowohl physische als auch mentale Aspekte des Individuums betrifft. Diesbezüglich können vielfältige Differenzierungen vorgenommen werden, die sich jedoch einer allgemeinen Analyse entziehen (z.B. Art und Schwere einer vorübergehenden Krankheit). Allerdings kann zwischen **chronischen Einschränkungen** (z.B. durch Behinderung oder durch chronische Krankheit) und **temporären Einschränkungen** unterschieden werden (Chronizität der Einschränkungen).

¹⁴ Auf die Verwandtschaft zwischen der „Wand“ als Hülle des Gebäudes und dem „Gewand“ als Bekleidung des Menschen verweist die gemeinsame etymologische Wurzel der Begriffe. Gottfried Semper griff diese Verwandtschaft offenbar in seiner „Bekleidungstheorie“ für Gebäude bereits 1884 auf.

Die Unterscheidung in **physische** (z.B. Körperbehinderung, Invalidität) und in **mentale** (z.B. Demenz, mentale Krankheitsbilder) Einschränkungen ist sinnvoll, da sie unterschiedliche Aspekte der individuellen Aktivität beeinflussen. Physische Einschränkungen können die **Ausführung** physischer Aktivitäten und mentale Einschränkungen generell die **Planung** von Aktivitäten beeinflussen.

4.3.6.5 Die Kompetenzen des Individuums

Alter, Geschlecht und Krankheitszustand sind Merkmale, die keine *unmittelbare* Auswirkung auf das Handeln haben, sondern die dafür relevanten Kompetenzen mitbestimmen. Zum Teil werden die Kompetenzen jedoch auch durch die Bekleidung mitgeprägt („*Handschuhe zu tragen wäre nicht nur unangemessen, sondern auch sehr unzumutbar, schließlich muss ich in der Lage bleiben, auf der Tastatur zu tippen oder umzublättern*“).

Drei Ausprägungen von Kompetenzen werden im Rahmen dieser Ausführungen unterschieden. Die **sensorische Kompetenz** beschreibt dabei die Funktionsfähigkeit des sensorischen Apparats des Individuums wie z.B. das visuelle oder das akustische System. Abweichungen von der medizinisch üblichen Funktionsweise der sensorischen Organe führen in der Regel zu quantitativen und qualitativen Unterschieden bei der Aufnahme von Umweltinformationen und in der Konsequenz zu einem unterschiedlichen Umgang mit der Umwelt. Zu den **motorischen Kompetenzen** hingegen werden in diesem Zusammenhang Fähigkeiten wie Kraft, Ausdauer oder Koordinationsfähigkeit gezählt. Offenbar beeinflusst die motorische Kompetenz die Fähigkeit des Individuums, physische Handlungen durchzuführen. Im Gegensatz dazu bezieht sich die **mentale Kompetenz** in diesem Kontext darauf, die Durchführung von Handlungen angemessen zu planen, zu begleiten und auszuwerten.

4.3.6.6 Die Momentanzustände des Individuums

Verschiedene Eigenschaften können direkt dem Individuum zugeordnet werden, unterliegen jedoch situativ bedingten Veränderungen. Hierzu wird in diesem Kontext der **momentane physische und mentale Zustand** des Individuums gezählt.

Der **physische Zustand** lässt sich anhand verschiedener physiologischer Parameter wie z.B. der Körperkerntemperatur oder der Hauttemperatur beschreiben. Beide Eigenschaften sind Bestandteil der Alltagswelt des Individuums und werden z.B. im Zusammenhang mit Krankheiten (Fieber) registriert. Darüber hinaus gehören plastische physische Zustände, wie zum Beispiel der Zustand des Schwitzens („... *stehe ich, leicht verschwitzt, vor der Haustür ...*“) oder des Zitterns, zur Alltagserfahrungswelt des Individuums. Andere denkbare Zustände betreffen die Augen (geschlossen/offen), die Nase (verschnupft/ offen) oder die Frage, ob das Individuum sich in einem Wach- oder in einem Schlafzustand befindet, einen leeren Magen hat oder dehydriert ist.

Durch die Darstellung des physischen Zustands gelingt jedoch keine vollständige Beschreibung des gesamten individuellen Momentanzustands. Ohne auf die klassische Leib-Seele-Problematik eingehen zu können und zu wollen, wird hier davon ausgegangen, dass zur Beschreibung des Gesamtzustands zusätzlich die Beschreibung **mentaler Zustände** erforderlich ist. Hierzu zählen - zunächst **neutrale und unbewertete** - Empfindungen wie Schmerzempfinden, thermisches Empfinden, Müdigkeitsgrad, Gereiztheit, Sättigkeit o.ä. Die Realitätserzählung verweist an zahlreichen Stellen auf das Auftreten solcher Zustände („... *laut ist ...*“, „... *warm wird...*“, „... *kalte Temperaturen ...*“, „... *in meiner Konzentration ...*“).

4.3.6.7 Die Bedürfnisse des Individuums

Der Begriff des Bedürfnisses wird in dieser Betrachtung - sehr umfassend und zunächst weitestgehend unspezifisch - als der Wunsch des Individuums verstanden, **positiv bewertete mentale Zustände** zu erhalten oder zu erreichen. Der Begriff geht also über die reine Zustandsbeschreibung hinaus (siehe Abschnitt 4.3.6.6), indem er zusätzlich das Ziel umfasst, den Zustand auf ein (individuelles) **Optimum** hinzuführen. Bedürfnisse werden also dann **akut**, wenn Zustände - mentale oder physische, aktuelle oder antizipierte - negativ **bewertet** werden.

So kann das Verspüren des Zustands „Hunger“ (der mit dem physischen Zustand „leerer Magen“ korreliert) dazu führen, Nahrung aufzunehmen, da dieser Zustand vor dem Hintergrund des Bedürfnisses nach ausreichender **Nahrungsaufnahme** negativ bewertet wird („... *gehe ich mal in die Mensa zum Essen ...*“). Eine volle Blase und der entsprechende (negativ bewertete) Harndrang führt dazu, dem Bedürfnis zu folgen, zur Toilette zu gehen (**Miktions- oder Defäkationsbedürfnis**, „... *und gehe zur Toilette ...*“). Nicht zuletzt besteht offenbar außerdem das Bedürfnis nach **angemessener Bekleidung** („*will ich die richtige Kleidung tragen*“). Viele Bedürfnisse beziehen sich also unmittelbar auf das Individuum und seine Eigenschaften. Es wird sich jedoch zeigen, dass verschiedene andere Bedürfnisse einen Bezug zu den Bereichen „Umgebungsbedingungen“ oder „Gebäude“ aufweisen. Beispielhaft sei das Bedürfnis nach Gesunderhaltung, oder das Bedürfnis, seiner momentanen Beschäftigung im Sinne der Arbeitsaufgaben im Büro („*Ich setze also meine Arbeit fort ...*“) oder der Freizeitaktivitäten („... *z.B. Zeitung lesen, ... , Sport machen.*“) nachzugehen, erwähnt. Diese werden daher erst später, im Rahmen der Analyse der entsprechenden Interrelationen, ausführlich behandelt (siehe dafür die Abschnitte 4.3.7.4 auf Seite 126 über die Bedürfnisse im Zusammenhang mit den Umgebungsbedingungen, 4.3.8.5 auf Seite 136 über die Bedürfnisse im Zusammenhang mit dem Gebäude und 4.3.9.2 auf Seite 143 über die Bedürfnisse im Zusammenhang sowohl mit dem Gebäude als auch den Umgebungsbedingungen).

4.3.6.8 Präferenzen und Toleranzen des Individuums

Individuen verfügen über Präferenzen und Toleranzen, die sich z.B. auf Ereignisse, Zustände oder Handlungen beziehen können. Das bedeutet, dass Individuen aufgrund dieser Präferenzen und Toleranzen konkreten Situationen, Zuständen oder Handlungen den Vorzug gegenüber anderen Situationen, Zuständen oder Handlungen geben. Diese Präferenz- und Toleranzlage nimmt also Einfluss auf die konkreten **Bedürfnisse** des Individuums und kann daher sein Verhalten entsprechend lenken („*ich mag kühlere Temperaturen mehr als warme*“).

Ursächlich für das Auftreten von Präferenzen und Toleranzen können in manchen Fällen die **Einstellungen**¹⁵ des Individuums gegenüber Aspekten seiner Umwelt sein. Unter „Einstellungen“ wird hier eine psychologische Grundausrichtung des Individuums verstanden, welche die affektive und kognitive Wahrnehmung und Bewertung der Umwelt auf charakteristische Weise beeinflusst (positiv - negativ) und somit Handlungen und Handlungsziele mitbestimmt. Die Realitätserzählung lässt an verschiedenen Stellen auf die Existenz von einstellungsbedingten Präferenzen und Toleranzen schließen. Aussagen wie „*Meine Einstellung ist jedoch, dass ...*“, „... *habe ich die Einstellung, zunächst ...*“, „... *habe ich aber auch eher eine Tendenz zu ...*“ zeugen davon, dass sie eine nicht unerhebliche Rolle im Alltag spielen.

Insbesondere Einstellungen basieren vermutlich auf **Erfahrungen** (siehe nachfolgender Abschnitt 4.3.6.9) und sind somit grundsätzlich veränderbar. Im Rahmen dieser Arbeit wird jedoch davon ausgegangen, dass sich die diesbezüglichen Veränderungsprozesse über Jahre erstrecken und somit langfristige Entwicklungsprozesse darstellen. Die Gebäudesimulation deckt jedoch i.d.R. maximal Zeitspannen von einem Jahr ab. Aus dieser Perspektive können individuelle Einstellungen als unveränderbare Eigenschaft des Individuums angesehen werden.

Da Toleranzen und Präferenzen unterschiedliche Alltagsaspekte zum Gegenstand haben können, zeigt sich die konkrete Ausformung auch erst in der interrelativen Beziehung zu anderen Merkmalen des betrachteten Alltagsgeschehens. Die spezifischen Beschreibungen können somit erst in den entsprechenden Abschnitten zu den Interrelationen erfolgen.

4.3.6.9 Die Erfahrungen und das Wissen des Individuums

In der Beschreibung des Alltagsablaufs tauchen an zahlreichen Stellen Begriffe wie „*üblicherweise*“, „*unüblich*“ oder „*normalerweise*“ auf. Dies dokumentiert die bekannte Tatsache, dass Individuen nicht „geschichtslos“ sind, sondern vielfältige Erfahrungen mit ihrer Umwelt und dem Umgang mit ihr sammeln, daraus Schlüsse

¹⁵ Der Begriff „Einstellung“ umfasst nicht automatisch - wie es möglicherweise umgangssprachlich konnotiert ist - eine moralische Dimension. Stattdessen kann ein Individuum Einstellungen gegenüber vielfältigen Aspekten seiner Umwelt aufweisen: Z.B. kann eine Einstellung darin bestehen, sportliche Aktivität abzulehnen. Daraus kann in einer konkreten Situation dann die Präferenz entstehen, das Auto anstelle des Rads für den Weg zur Arbeit zu verwenden.

ziehen und entsprechendes Wissen akkumulieren. Der Begriff „Erfahrungen“ bezeichnet hier also spezifische Kenntnisse in Bezug z.B. auf Handlungs-Ergebnis-Zusammenhänge oder Ereignisverläufe, die auf der Basis wiederholter Ausübung oder wiederholten Erlebens gesammelt und gespeichert wurden. Diese gesammelten und gespeicherten Kenntnisse sind ein Teil des Wissens des Individuums, also ein Teil der organisiert abgespeicherten Informationen des Individuums über sich und seine Umwelt. Erfahrungen und Wissen ermöglichen es dem Individuum also, Aktivitäten, die dem Ziel dienen, Bedürfnisse zu befriedigen, zielgerichtet zu planen und mental zu begleiten.

Eine Abgrenzung zu den Erfahrungen, die im vorhergehenden Abschnitt 4.3.6.8 als die Grundlage für Einstellungen genannt wurden, erfolgt insbesondere über die Differenzierung der Zeitspanne, über welche die relevanten Erfahrungen gesammelt werden. Im hier dargestellten Kontext werden „Erfahrungen“ also nicht ausschließlich als langfristige Erfahrungen verstanden, sondern können sich ebenfalls auf sehr viel kürzere Zeiträume beziehen (Stunden, Tage, Wochen). Sie können somit diskontinuierlich sein und stellen daher auch keine konstanten Größen wie beispielsweise die einstellungsbedingten Präferenzen dar. Außerdem besteht auch hier augenscheinlich jeweils ein spezifischer Bezug zu den unterschiedlichen Aspekten der Umwelt. Erfahrungen können mit Umgebungsbedingungen, mit dem Gebäude gemacht werden oder auch mit den überindividuellen Nutzungssystemen, an denen das Individuum teilnimmt. Die entsprechend detaillierte Analyse für das Merkmal „Erfahrungen“ wird daher erst im Zuge der Beschreibung der spezifischen Interrelationen erfolgen.

4.3.6.10 Die Aktivitäten des Individuums

Zu den beschreibenden Eigenschaften des Individuums zählt außerdem seine **momentane Aktivität**. In der Realitätserzählung treten entsprechend vielfältige Beschreibungen verschiedenster Arten von Aktivitäten auf. Sie dienen - vereinfacht betrachtet - dazu, die Bedürfnisse des Individuums zu befriedigen. Auf den Interaktionen des Individuums mit dem Gebäude liegt dabei im Kontext dieser Arbeit naturgemäß ein besonderer Betrachtungsschwerpunkt. Eine differenzierte Analyse dieser verschiedenen **Arten von Aktivitäten** - d.h., welchen konkreten Zielen sie dienen und aus welchen Handlungen sie sich zusammensetzen - ist jedoch an dieser Stelle noch nicht im notwendigen Umfang leistbar, da diese Beschreibung stets den Bezug zu den anderen Kategorialbereichen erfordert. Eine entsprechende Ableitung erfolgt daher erst im Abschnitt 4.3.10 auf Seite 154, im Anschluss an die vollständige Darstellung der interrelativen Beziehungen des Bereichs „Individuum“ zu den übrigen Kategorialbereichen. Dennoch spielen bestimmte Merkmale von Aktivitäten bereits im hier beschriebenen Zusammenhang eine Rolle. Diese Merkmale werden nachfolgend aufgeführt.

Aktivitäten lassen sich im vorliegenden Kontext zweckmäßig einerseits in **physische** und andererseits in **mentale Aktivitäten** differenzieren. Beispielsweise zählt das Lesen eines Journalartikels eher zu den mentalen Aktivitäten („*Lesen von Dokumenten, Korrekturen von Studentendarbeiten*“), während das Radfahren eher zu den physischen Aktivitäten zählt („*wenn ich vom Radfahren und Treppensteigen körperlich ‚in Betrieb‘ bin*“). Offenbar handelt es sich aber bei Aktivitäten stets um eine Mischung dieser Kategorien: Auch zum Radfahren ist mentale Leistung erforderlich - beispielsweise zur Orientierung oder zum Erhalt des Gleichgewichts - während das Lesen des Journals auch ein Minimum an physischer Leistung erfordert - beispielsweise das Umblättern oder das Aufrechterhalten in der Sitzposition.

Physische Aktivität wird demnach mit einer bestimmten **metabolischen Intensität** durchgeführt (z.B. sitzen, stehen, bewegen), wobei die minimale metabolische Intensität durch die **Grundfunktionen** des Körpers (Erhalt der Kerntemperatur) bestimmt wird. **Mentale Aktivitäten** lassen sich wiederum hinsichtlich der **Art der Informationsaufnahme** aus der Umwelt durch die menschliche **Sensorik** und deren Verarbeitung unterscheiden. Aktivitäten, die in der Realitätserzählung auftauchen, sind schwerpunktmäßig **visuell** (z.B. Lesen, Schreiben) oder **auditiv** (z.B. Telefonieren, sprachliche Kommunikation im Allgemeinen) bestimmt. Riechen (z.B. der Luftqualität) und Fühlen (z.B. der Temperatur oder der Sonnenstrahlung) werden in der Realitätserzählung zwar genannt, stehen dort jedoch in keinem direkten Zusammenhang mit der Ausführung einer Aktivität.¹⁶

¹⁶ Riechen und Schmecken lassen sich selbstverständlich auch als wesentlicher Teil einer Aktivität denken, z.B. beim Kochen oder beim Aufspüren von Gefahrstoffen. Die physiologische Psychologie kennt zahlreiche weitere Wahrnehmungsmodi, die jedoch hier nicht weiter betrachtet werden sollen.

4.3.6.11 Interrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen des Individuums

Die zuvor aufgeführten Eigenschaften des Individuums bestehen nicht unabhängig voneinander, sondern sind durch zahlreiche Interrelationen mehr oder weniger fest miteinander verknüpft. Die im Kontext dieser Arbeit wesentlichen „individual-internen“ Interrelationen werden nachfolgend dargestellt.

4.3.6.11.1 Individuelle Merkmale, die den Bekleidungsstatus des Individuums beeinflussen

4.3.6.11.1.A Bekleidungspräferenz

Das Bedürfnis nach „angemessener“ Bekleidung lässt sich durch die Betrachtung der Bekleidungspräferenz präzisieren. Was persönlich als angemessen betrachtet wird („*Ich kleide mich also ... so, dass ich mir gefalle.*“) hängt zu einem wesentlichen Anteil vom persönlichen **Kleidungsstil** - also der individuellen **Präferenz** für eine bestimmte Art der Kleidung - ab. [Humphrey et al. 2008] erwähnen z.B., dass sie im Rahmen einer Feldstudie beobachten konnten, dass Schülerinnen dazu tendierten, die Winterschuluniform bis in den frühen Sommer zu tragen, da ihnen diese besser gefiel als die Sommerschuluniform. Damit nahmen sie offenbar ungünstig bewertete mentale Zustände („zu warm“) zugunsten ihrer Stilpräferenzen in Kauf. Diese Beobachtung bezeugt die Relevanz von „Präferenzen“ im Kontext dieser Arbeit.

4.3.6.11.1.B Aufwand

Ein besonderes Merkmal der Bekleidung besteht darin, dass sie i.d.R. aus Einzelteilen zusammengesetzt ist und in Schichten getragen wird. Für die Feststellung, dass die Bekleidung gewechselt werden kann, d.h., dass einzelne Kleidungsstücke an bzw. ausgezogen werden können, bedarf es keines Verweises auf die Realitätserzählung. Diese **Handlung** erfordert einen objektiven **Änderungsaufwand**, der sich durch Bekleidungseigenschaften wie die **Anzahl der Schichten**, die an- bzw. auszuziehen sind, die **Größe** des Kleidungsstücks oder auch den **momentanen Lagerort** des gewünschten Kleidungsstücks beschreiben lässt. Diese Kleidungseigenschaften unterliegen vermutlich starken interindividuellen Schwankungen, die u. A. den individuellen Stilpräferenzen (siehe oben) geschuldet sind. Eine pragmatische Systematisierung der Kleidungseigenschaften, anhand derer der Aufwand bemessen werden kann, scheint daher bestenfalls sehr allgemein möglich.

4.3.6.11.1.C Handhabbarkeit

Der Begriff des „Aufwands“ - der die objektiv aufzubringende, motorische Arbeit beschreibt - lässt sich durch die **Kombination** mit der **motorischen Kompetenz** des Individuums zum Begriff der **Handhabbarkeit** weiterentwickeln. Diese setzt die individuellen Fähigkeiten ins Verhältnis zum Schwierigkeitsgrad der Aktivität (beispielsweise fällt es erst ab einer bestimmten Altersstufe leicht, sich die Schuhe zu binden).

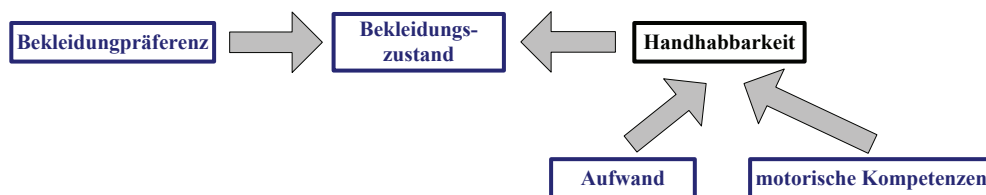


Abbildung 21

Grafische Darstellung der verschiedenen individuellen Merkmale, die den Zustand der Bekleidung des Individuums beeinflussen.

4.3.6.11.2 Individuelle Merkmale, die die Kompetenzeigenschaften des Individuums beeinflussen

Weiter oben wurde bereits erwähnt, dass die verschiedenen Kompetenzarten - motorische, sensorische und mentale Kompetenzen - durch die Primärmerkmale Alter, Geschlecht und Krankheits- und Behinderungszustand mitbestimmt werden. Die Vermutung liegt nahe, dass es im Zuge von Handlungen auch tatsächlich diese Kompetenzen und nicht die Basalmerkmale selber sind, die wahrgenommen werden. Beispielsweise wird ein

Kind, das nicht an die Schranktür gelangt, feststellen, dass es „zu klein“ ist, und nicht, dass es z.B. 1,33 m groß ist. Nachfolgend soll analysiert werden, wie diese Primärgrößen und die jeweiligen Kompetenzen zusammenhängen.

4.3.6.11.2.A Motorische Kompetenzen

Ein enger Zusammenhang besteht zwischen der **Altersstufe** und den typischen motorischen Kompetenzen eines Individuums. Die meisten Kompetenzen müssen sich beim Kleinkind bis zum Erwachsenen zunächst entwickeln. Während dieser Phase nehmen z.B. die körperliche Größe und Kraft zu. Im Seniorenalter hingegen nehmen diese Kompetenzen typischerweise wieder ab. Diese Abhängigkeit wird durch das **Geschlecht** modifiziert (so verfügen weibliche Personen tendenziell über eine geringere Kraft und eine geringere Körpergröße). Darüber hinaus werden die motorischen Kompetenzen insbesondere durch die **physischen Einschränkungen** durch **Krankheit und Behinderung** geprägt. Hier besteht eine enge **Relation zu der Altersstufe**, da verschiedene physische Erkrankungen mit einer typischen Häufigkeit in bestimmten Altersstufen auftreten (z.B. rheumatische Erkrankungen im Alter). Zudem erhöht sich die Wahrscheinlichkeit der **Chronizität** einer Erkrankung mit dem Alter. Die Art der **Bekleidung** kann darüber hinaus verschiedene motorische Aspekte beeinflussen und wirkt sich somit ebenfalls auf den entsprechenden Anteil des motorischen Apparats aus (z.B. die Beweglichkeit der Finger beim Tragen von Handschuhen). Die Relevanz dieser feinkörnig dargestellten Zusammenhänge ergibt sich beispielsweise aus der Betrachtung des vorangegangenen Abschnitts 4.3.6.11.1 über die Einflussgrößen der individuellen Bekleidung, insbesondere mit Bezug auf die Handhabbarkeit: Für Individuen mit geringer körperlicher Kompetenz erschwert sich z.B. der Kleidungswechsel, sodass bei diesen Individuen eine größere Tendenz zu erwarten ist, bei abfallenden Raumtemperaturen die Heizungstemperatur anzuheben, als die Kleidung entsprechend anzupassen. In welchem Umfang ein individuelles Bewusstsein für die eigenen motorischen Kompetenzen in all diesen Fällen vorhanden ist, kann auf der Basis der Realitätserzählung allerdings nicht endgültig beantwortet werden, da diese Aspekte dort nur partiell auftreten („*Handschuhe zu tragen wäre ... sehr unzweckmäßig, schließlich muss ich in der Lage bleiben, auf der Tastatur zu tippen*“).

4.3.6.11.2.B Sensorische Kompetenzen

Die Abhängigkeiten zwischen den sensorischen Kompetenzen und den Basaleigenschaften des Individuums beschränken sich weitestgehend auf die Abhängigkeit von der **Altersstufe** und vom **physischen Krankheitszustand**. Die sensorischen Kompetenzen können z.B. durch Schwerhörigkeit oder Störungen des Sehvermögens beeinträchtigt werden. Die Ursachen dafür sind entweder im natürlichen Alterungsprozess oder in spezifischen Erkrankungen zu finden. Zusätzlich kann die **Bekleidung** die sensorischen Kompetenzen spezifisch beeinflussen: Lärmschutzkopfhörer schränken das Hörvermögen ein, Schutzbrillen das Sehvermögen und Kleidungsstücke beeinflussen das Empfinden thermischer Reize.

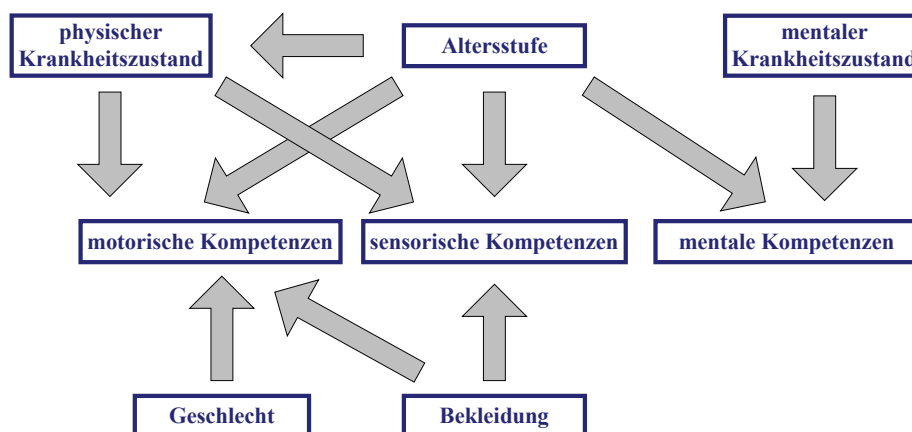


Abbildung 22

Grafische Darstellung der verschiedenen individuellen Merkmale, die die Kompetenzeigenschaften des Individuums beeinflussen.

4.3.6.11.2.C Mentale Kompetenzen

Auch die mentalen Kompetenzen werden systematisch durch die **Altersstufe** und durch den **Krankheitszustand** beeinflusst. Wie die motorischen Kompetenzen, so werden auch die mentalen Kompetenzen erst mit zunehmendem Alter ausgebildet, können jedoch später, altersbedingt, auch wieder abnehmen. Hinzu kommen verschiedene Ausprägungen mentaler Krankheiten wie z.B. (altersbedingte) Demenz oder geistige Behinderungen (siehe Abbildung 22 auf der vorhergehenden Seite).

4.3.6.11.3 Individuelle Merkmale, die die physischen und mentalen Momentanzustände des Individuums beeinflussen

4.3.6.11.3.A Physische Zustände

Der physische Zustand des Individuums wird durch eine Vielzahl von Merkmalen beeinflusst. Insbesondere zählt hierzu die momentane **physische Aktivität** des Individuums: Z.B. wird die Temperatur des Körpers durch die metabolische Intensität der physischen Aktivität mitbestimmt („wenn ich vom Radfahren und Treppensteigen körperlich ‚in Betrieb‘ bin“). Die Fahrt mit dem Rad zur Uni oder körperliche Arbeit führen dabei zum Schwitzen, zur Dehydratation oder zu einem physischen Erschöpfungszustand („Nach 5 Kilometern stehe ich, leicht verschwitzt, ...“). Erschöpfungszustände können wiederum auf die Aktivität des Individuums rückwirken, indem sie die körperliche Aktivierbarkeit reduzieren.¹⁷ In der Regel wird der Körperzustand jedoch zusätzlich durch die getragene **Bekleidung** beeinflusst. Insbesondere das Tragen von Kleidungsstücken beeinflusst in Abhängigkeit ihrer Durchlässigkeitseigenschaften den thermischen Zustand des Körpers. Eine zusätzliche Modifikation erfolgt - wiederum vornehmlich in Bezug auf die thermischen Zustände des Körpers - durch die **Altersstufe** und durch das **Geschlecht**. Mit dem Alter ändert sich z.B. der Metabolismus, d.h. die innere Wärmeproduktion (wobei Kinder und Senioren einen geringeren Metabolismus aufweisen als Erwachsene), zusätzlich existieren geschlechtsspezifische Unterschiede in der Körperzusammensetzung mit Einfluss auf den physischen Zustand (z.B. durch unterschiedliche Fettgehalte). **Physische Krankheiten** können darüber hinaus den physischen Zustand direkt beeinflussen (z.B. durch Fieber). Physische Zustände können sich außerdem mit der **Zeit** verändern, ohne dass eine Beeinflussung von außen stattfindet („Nach einer gewissen Zeit des Arbeitens verspüre ich das Bedürfnis, etwas zu trinken.“, „Sobald ich einige Zeit sitze und der Körper sich von der Anstrengung erholt hat ...“).

4.3.6.11.3.B Mentale Zustände

Die mentalen Zustände können durch **mentale Aktivitäten** geprägt werden. So folgt z.B. auf ausdauernde mentale Aktivitäten eine geistige Ermüdung. Diese kann - äquivalent zu den Ausführungen im vorausgegangenen Abschnitt 4.3.6.11.3.A - durch Reduktion der Aktivierbarkeit auf die mentalen Aktivitäten rückwirken. Darüber hinaus existieren empirische Hinweise darauf, dass die Wahrnehmung von Umgebungsbedingungen sowohl von der **Altersstufe** als auch vom **Geschlecht** des Individuums abhängt ([Grabe & Winter 2008]). Dies ist möglicherweise durch die **sensorische Kompetenz** mit beeinflusst, sodass hier ein spezifizierender Bezug zu den Umgebungsbedingungen vorliegt. Darüber hinaus können sich mentale Zustände ebenso über die **Zeit** ändern (z.B. Müdigkeit).

4.3.6.11.3.C Interrelationen zwischen physischen und mentalen Zuständen

Zusätzlich besteht eine wesentliche und ebenfalls im Kontext dieser Arbeit zentrale Interrelation zwischen dem **physischen Zustand** und dem **mentalen Zustand** des Individuums. Plastisch wird dieser Zusammenhang durch die Vorstellung von Zittern (als physischem Zustand) und dem zugehörigen Empfinden von Kälte (als mentalem Zustand). Viel Forschungsaufwand ist betrieben worden, um z.B. den Zusammenhang zwischen physiologischen Parametern wie Haut- und Körperkerntemperatur (als physischem Zustand) und dem

¹⁷ Hiermit ist nicht die durch planvolles Handeln des Individuums gesteuerte Rücknahme von Aktivität gemeint, sondern die vegetativ gesteuerte, durch zunehmende Ermüdung bedingte, automatische Reduktion.

Empfinden der thermischen Umgebung (als mentalem Zustand) zu ergründen (z.B. [Fanger 1970]). In Abschnitt 4.3.6.7 auf Seite 113 wurde bereits dargelegt, dass Bedürfnisse auf den Erhalt und die Restaurierung (individuell) optimaler mentaler und physischer Zustände abzielen. Diese Art der Interrelation wird im Laufe der weiteren Bearbeitung detaillierter betrachtet werden.

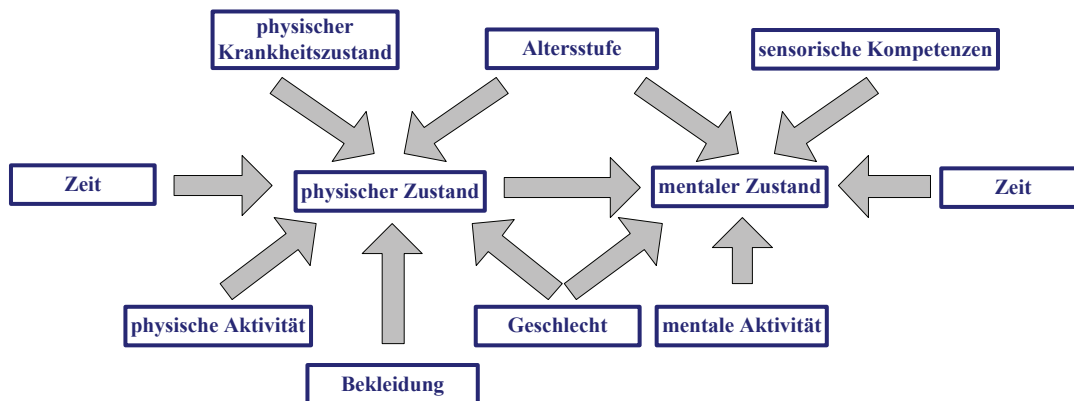


Abbildung 23 Grafische Darstellung der verschiedenen individuellen Merkmale, die den physischen und den mentalen Momentanzustand des Individuums beeinflussen.

4.3.6.11.4 Individuelle Merkmale, die die physischen und mentalen Aktivitäten des Individuums beeinflussen

4.3.6.11.4.A Physische Aktivitäten

Die Ausführung physischer Aktivitäten hängt ebenfalls von verschiedenen Parametern ab. Bereits erwähnt wurde die Wechselwirkung physischer Aktivitäten mit dem **physischen Zustand** (Abschnitt 4.3.6.11.3.A auf Seite 118). Zahlreiche Interrelationen zu anderen Individualmerkmalen wie z.B. dem physischen Krankheitszustand oder der Altersstufe sind denkbar, diese werden aber vollständig durch die **motorische Kompetenz** des Individuums beschrieben. Dieser Zusammenhang verdeutlicht noch einmal die Bedeutung der Eigenschaft „motorische Kompetenz“ als vermittelnder Begriff zwischen verschiedenen Individualeigenschaften.

4.3.6.11.4.B Mentale Aktivitäten

Die Einflussgrößen der mentalen Aktivitäten weisen eine vergleichbare Struktur auf. Auch hier sind Wechselwirkungen mit dem **mentalen Zustand** zu erwarten (Abschnitt 4.3.6.11.3.B auf Seite 118). Darüber hinaus werden die mentalen Aktivitäten weitestgehend von den **mentalenen Kompetenzen** des Individuums bestimmt. Da mentale Aktivitäten jedoch häufig die sensorische Aufnahme von Umweltinformationen erfordern (Abschnitt 4.3.6.10 auf Seite 115) besteht eine weitere Interrelation zu den **sensorischen Kompetenzen** des Individuums.

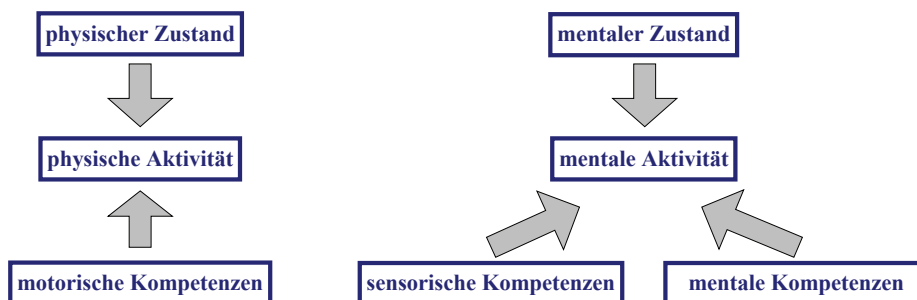


Abbildung 24 Grafische Darstellung der verschiedenen individuellen Merkmale, die die physische und die mentale Aktivität des Individuums beeinflussen.

4.3.6.12 Die Taxonomie des Individuums in der Übersicht

An dieser Stelle werden die Eigenschaften des Individuums noch einmal übersichtlich dargestellt. Es sei darauf hingewiesen, dass diese Aufstellung keinen Bezug auf die unterschiedlichen Handlungstypen des Individuums und die damit zusammenhängenden Prozesse und Abläufe nimmt. Diese werden erst zu einem späteren Zeitpunkt dargestellt, da hierfür zunächst die verschiedenen Interrelationen zwischen dem Individuum und den übrigen Kategorialbereichen eingeführt werden müssen.

Funktionelle Differenzierung

- sensorischer Apparat
- motorischer Apparat

Bekleidung

- Typen
 - Kleidungsstücke
 - Accessoires
- Komposition/ Aufbau aus Einzelstücken
- Verteilung d. Einzelstücke über den Körper
- Material
- Durchlässigkeitseigenschaften
- Bekleidungszustand

Altersstufe

- Typen
 - Kleinkind, Kind, Jugendlicher, Erwachsener, Senior

Geschlecht

Krankheits- und Behinderungszustand

- Verlauf
 - Typen
 - temporärer Verlauf
 - chronischer Verlauf
- Typen
 - physischer Krankheitszustand
 - mentaler Krankheitszustand

Kompetenz

- Typen
 - sensorische Kompetenz
 - motorische Kompetenz
 - mentale Kompetenz

Momentanzustände

- Typen
 - physischer Momentanzustand
 - Typen
 - Körperkern- und Hauttemperaturen, Schwitzen, Zittern
 - schlafend, wach
 - Sinnesorgane „geöffnet“ oder „geschlossen“
 - Magenfüllgrad, Dehydratationszustand

mentaler Momentanzustand
 Typen
 laut, warm, kalt

Bedürfnisse
 Typen
 Nahrungsaufnahme
 Miktions- oder Defäkationsbedürfnis
 angemessene Bekleidung

Präferenzen & Toleranzen
 einstellungsbedingte

Erfahrungen & Wissen

Aktivität
 physische Aktivität
 metabolische Intensität
 Typen
 Grundumsatz
 sitzen, stehen, bewegen
 mentale Aktivität
 Art der Informationsaufnahme über Sensorik
 Typen
 visuell, auditiv
 olfaktorisch, haptisch

Interrelationen

Zustand der Bekleidung: Bekleidungspräferenz, Handhabbarkeit
 motorische Kompetenz : Geschlecht, Bekleidung, Altersstufe, physischer Krankheitszustand
 sensorische Kompetenz: Bekleidung, Altersstufe, physischer Krankheitszustand
 mentale Kompetenz: Altersstufe, physischer Krankheitszustand
 physischer Zustand: Geschlecht, Bekleidung, physische Aktivität u. Krankheitszustand, Altersstufe, Zeit
 mentaler Zustand: Geschlecht, mentale Aktivität, Altersstufe, physischer Zustand, sensorische Kompetenz, Zeit
 physische Aktivität: physischer Zustand, motorische Kompetenzen
 mentale Aktivität: mentaler Zustand, die sensorischen und mentalen Kompetenzen

In der nachfolgenden Darstellung werden die hier beschriebenen Zusammenhänge noch einmal grafisch in einem **Taxonomiediagramm** dargestellt. Dabei wird - wie bereits in den zuvor dargestellten Taxonomien der Umgebungsbedingungen und des Gebäudes - auf verschiedene Pfeilarten zurückgegriffen. Aufgrund der zentralen Bedeutung dieser Pfeile für das Verständnis der grafischen Darstellung der Taxonomie sollen die Funktionen der einzelnen Pfeiltypen hier noch einmal zusammengefasst werden.

Offene Pfeilspitzen zeigen von einem übergeordneten Merkmal auf ein zugehöriges, untergeordnetes Merkmal. Z.B. verfügt das Merkmal „Bekleidung“ über die untergeordneten Merkmale „Verteilung der Einzelstücke“, „Komposition/ Aufbau der Einzelstücke“, „Material“ und „Durchlässigkeitseigenschaften“.

Geschlossene Pfeilspitzen symbolisieren eine Generalisierungs-Spezialisierungs-Beziehung, wobei der Pfeil

von dem spezialisierten Merkmal auf das generelle Merkmal zeigt. So stellen die Merkmale „physischer Krankheitszustand“ und „mentaler Krankheitszustand“ Spezialisierungen des Merkmals „Krankheitszustand“ dar.

Zusätzlich wurde das Rautensymbol verwendet, mit dem eine Teil-Ganzes-Beziehung dargestellt wird. Der „sensorische Apparat“ und der „motorische Apparat“ sind also jeweils physische Bestandteile des Individuums.

Merkmale des Individuums werden in der Farbe Blau dargestellt.

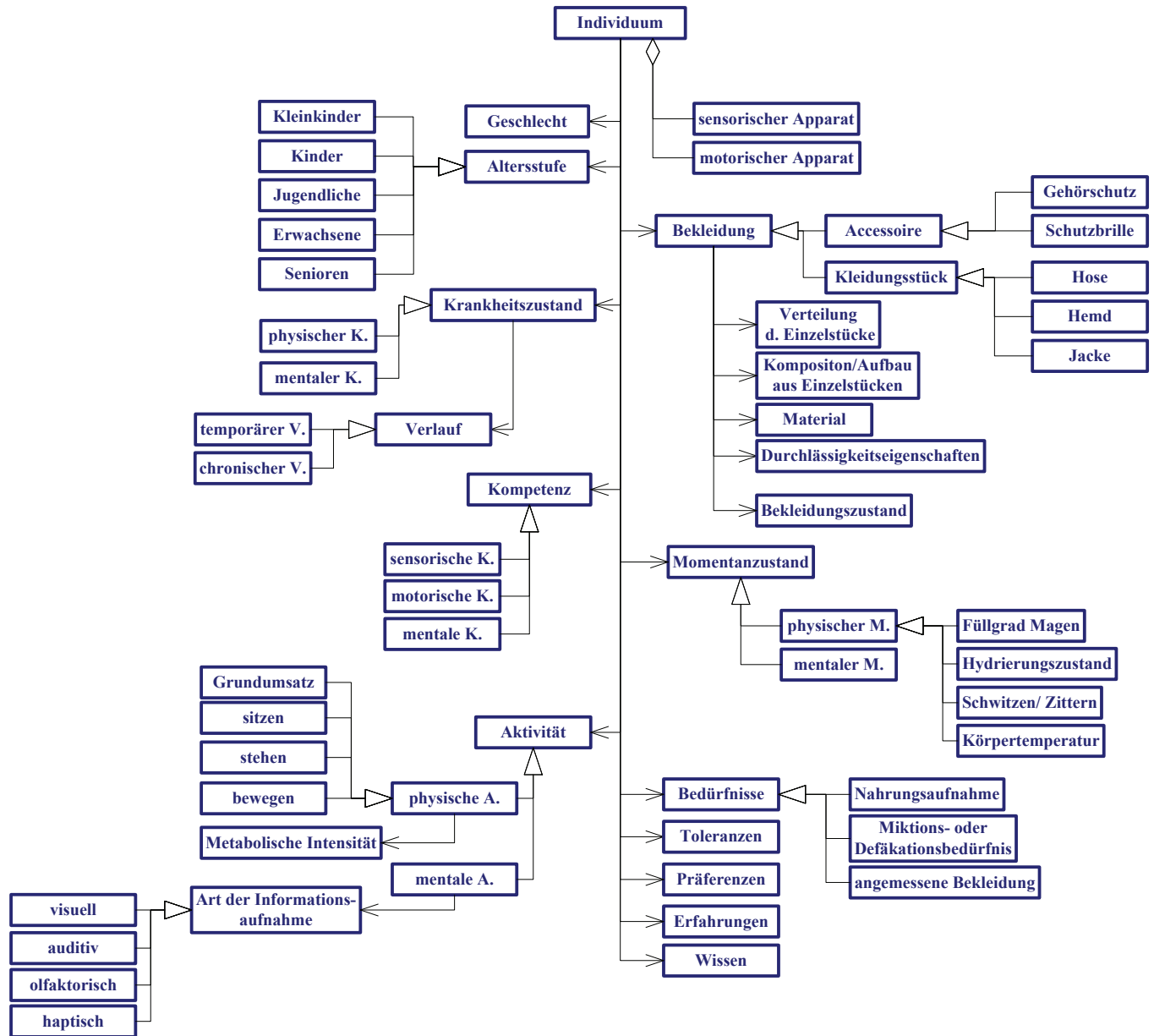


Abbildung 25
Grafische Darstellung der Taxonomie des Individuums.

4.3.7 Interrelationen zwischen den Bereichen Individuum und Umgebungsbedingungen

Im Rahmen dieses Abschnitts werden diejenigen Interrelationen aufgezeigt, die in der Realitätserzählung zwischen den Bereichen „Individuum“ und „Umgebungsbedingungen“ auftreten. Beide Bereiche sind vielfältig verknüpft, insbesondere durch den sensorischen Apparat des Menschen, der dazu dient, Informationen aus der Umwelt aufzunehmen. Die Umgebungsbedingungen werden jedoch nicht nur wahrgenommen. Die Wahrnehmung führt zusätzlich in der Folge auch zu Veränderungen sowohl des mentalen und als auch des physischen Zustands des Individuums. Der Körper kann sich dabei unter bestimmten Bedingungen an die Umgebungsbedingungen durch Adaptation anpassen, beeinflusst allerdings auch seinerseits die unmittelbaren Umgebungsbedingungen durch Emissionen. Die Eigenschaften der Bekleidung wiederum können diesen Energie- und Materieaustausch mit der Umgebung verändern. Die dabei insgesamt auftretenden Zustände unterliegen der Bewertung in Abhängigkeit der Bedürfnisse, Toleranzen und Präferenzen des Individuums.

Auch in diesem Abschnitt werden - wie in Abschnitt 4.3.5 auf Seite 95 über die Interrelationen zwischen den „Umgebungsbedingungen“ und dem „Gebäude“ - die Farbcodierungen der Kategorialbereiche beibehalten. D.h., dass in den grafischen Darstellungen der einzelnen Interrelationen die Eigenschaften des Individuums blau und die Eigenschaften der Umgebungsbedingungen grün eingefärbt sind. So kann auf eine ergänzende, schriftliche Zuordnung zu den Kategorialbereichen verzichtet werden. Merkmale, die sich aus der Kombination der Merkmale beider Kategorialbereiche ergeben, sind wiederum schwarz gefärbt.

Auch die beiden bereits verwendeten Pfeilsymboliken werden beibehalten. Zeigt ein Pfeil von einem Merkmal auf ein anderes Merkmal, so übt das erste Merkmal Einfluss auf das zweite Merkmal aus. Weist ein weiterer Pfeil von einem Merkmal auf diesen Verbindungspfeil, so wird damit verdeutlicht, dass dieses Merkmal die Relation der beiden ersten Merkmale beeinflusst.

4.3.7.1 Der Zusammenhang zwischen der Bekleidung des Individuums und den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen

4.3.7.1.1 Die Spezifizierung der allgemeinen Durchlässigkeitseigenschaften der Bekleidung durch die Art der Umgebungsbedingungen

Bisher waren die Eigenschaften der Bekleidung, also der Kleidungsstücke und Accessoires, z.B. der Gehörschutz, allgemein mit dem Begriff der Durchlässigkeit beschrieben worden. Äquivalent zu dem in Abschnitt 4.3.5.3.1 auf Seite 98 dargestellten Spezifizierungsprozess der Übertragungseigenschaften der Hülle lässt sich nun auch die Durchlässigkeit der Bekleidung durch die Art der Umgebungsbedingungen spezifizieren.

Bekleidung kann unterschiedlich durchlässig für Materie und für Energie sein. Kleidungsstücke, wie z.B. eine Hose oder ein Pullover, verringern beispielsweise die Wärmeübertragung zwischen dem Körperkern und der Umgebung des Individuums. Dies ist nicht gleichbedeutend damit, dass diese Kleidungsstücke dicht gegenüber Luftbewegungen oder Niederschlag (Materie) sind („Regenjacke“). Die **Art der Umgebungsbedingungen** bestimmt also auch in diesem Fall die spezifischen Durchlässigkeitseigenschaften der Kleidung.

Hier kommt außerdem zum Tragen, dass die Bekleidung nur an der Stelle des Körpers wirksam sein kann, wo sie sich befindet. Es ist also eine räumliche Differenzierung erforderlich, da einzelne Kleidungsstücke i.d.R. nicht die gesamte Körperoberfläche bedecken. Kalte Hauttemperaturen können beispielsweise an den Händen, am Hals oder auch am Kopf auftreten, wofür dann entsprechende Kleidungsstücke verwendet werden („... *ob ich z.B. Handschuhe, Schal und Mütze benötige* ...“). Ohrenschützer und Augenklappen erfüllen nur dann ihren Zweck - nämlich vor Lärm und vor Licht zu schützen - wenn sie an den „richtigen Stellen“ eingesetzt werden. Daraus folgt eine **örtliche Differenzierung der Durchlässigkeit** der Kleidung.

An diesem Beispiel zeigt sich zudem, dass Energie- und Materieströme **richtungsabhängig** sind: Kleidungsstücke schützen i.d.R. vor Wärmeabgabe des Körpers an die Umgebung, während Ohrenschützer gegenüber dem Eindringen von Schall aus der Umgebung schützen.

4.3.7.1.2 Die Quantifizierung der Durchlässigkeit der Bekleidung gegenüber Umgebungsbedingungen durch die Intensität der Umgebungsbedingungen

Die Kombination aus den **konkreten spezifischen Durchlässigkeitseigenschaften** der Kleidung und der **Intensität** der Umgebungsbedingungen bestimmt auch hier wieder die spezifische Durchlass**quantität** (vgl. Abschnitt 4.3.5.3.2 auf Seite 99). Konkrete spezifische Kenndaten, z.B. für Kleidungsstücke, können technisch durch die Wärme- und Feuchtedurchgangskoeffizienten beschrieben werden. Jedoch liegt auch hier die Vermutung nahe, dass ein Alltagsnutzer keine Kenntnis der entsprechenden numerischen Größen dieser Kennwerte hat. Dennoch zeigt der allgemeine Sprachgebrauch Quantifizierungsansätze („... benutze ich im Winter eine **dickere** Bettdecke als im Sommer und ziehe mir lieber über Nacht ein **langes und dickes** T-Shirt ...“), sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Durchlassquantität von dem Individuum mithilfe der Informationen über die Intensität der Umgebungsbedingungen und über die (semi-)konkreten, spezifischen Durchlässigkeitseigenschaften der Kleidung ausreichend beurteilt werden kann.

4.3.7.2 Der Zusammenhang zwischen den sensorischen Kompetenzen des Individuums und der Art der Umgebungsbedingungen

Die Aufnahme von Umweltinformationen erfolgt über das sensorische System wie z.B. die Augen, die Nase, die Haut oder die Ohren. Hier besteht eine offenkundige Relation zwischen dem Bereich „Individuum“ und dem Bereich „Umgebungsbedingungen“ durch die **Spezialisierung der sensorischen Systeme** auf die **Art der Umgebungsbedingung**. Ohne beispielhaft auf die Realitätserzählung eingehen zu müssen, sind die wesentlichen Zusammenhänge für den Alltagsmenschen klar: Schall wird über die auditive Sensorik (Gehör), Licht über die visuelle Sensorik (Gesichtssinn) und Geruch über die olfaktorische Sensorik (Geruchssinn) aufgenommen.

Die Fähigkeiten, entsprechende Umweltinformationen aufnehmen zu können, wurde als **sensorische Kompetenz** beschrieben, die vom Alter oder auch vom Gesundheitszustand abhängt (z.B. Altersschwerhörigkeit). Sie ist nicht nur spezifisch für die **Art der Umgebungsbedingung** (z.B. Schall), sondern von ihr hängt darüber hinaus die für die Verarbeitung von Umweltinformationen **mindestens erforderliche Intensität** der Umgebungsbedingungen ab (z.B. Mindestlautstärke bei Gesprächen).

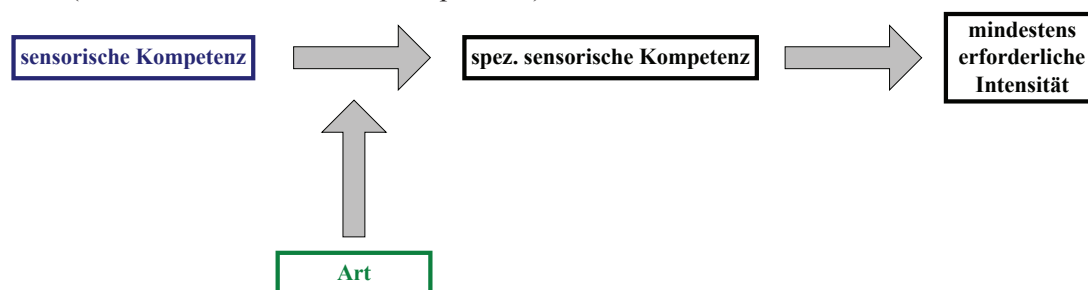


Abbildung 26

Spezifizierung der sensorischen Kompetenz durch die Art der Umgebungsbedingungen und daraus folgende Mindestintensität der Umgebungsbedingungen.

4.3.7.3 Der Zusammenhang zwischen den Momentanzuständen des Individuums und den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen

4.3.7.3.1 Die Spezifizierung und die Veränderung des physischen Zustands des Individuums durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen

Der physische Zustand des Individuums wird - zusätzlich zu den bereits aufgeführten Einflussfaktoren „Aktivität“ und „Bekleidung“ - durch die Umgebungsbedingungen beeinflusst. Offenkundig wird dieser Zusammenhang bei der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Temperatur und den Phänomenen „Schwitzen“ und „Zittern“ oder zwischen der Veränderung der Pupillengröße und der zum Auge gelangenden Lichtmenge. Die **momentane Intensität der Umgebungsbedingungen** beeinflusst somit das Maß der kurzfristigen Auswirkungen auf den physischen Zustand, welche wiederum **spezifisch** für die **Art der Umgebungsbedingungen** sind.

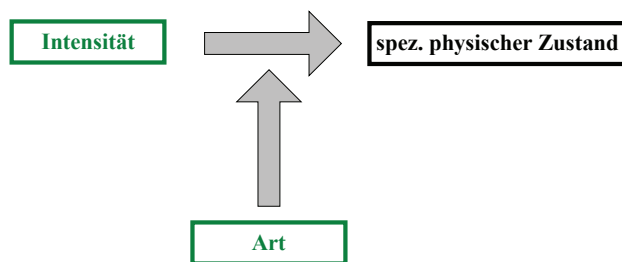


Abbildung 27

Die Auswirkung der Intensität der Umgebungsbedingungen auf den physischen Zustand des Individuums, spezifiziert durch die Art der Umgebungsbedingungen.

4.3.7.3.2 Die längerfristige physische Adaptation des Individuums als Folge der Auswirkungen der Umgebungsbedingungen

Die alltägliche Erfahrung zeigt, dass sich eine längerfristige Einwirkung der Umgebungsbedingungen anders auf den physischen Zustand auswirkt als eine kurzfristige Einwirkung. Aussagen wie „Wieder im Büro angekommen stelle ich fest, dass die Luft dort schlecht ist und ich durchaus mal lüften könnte. Meistens stelle ich das erst fest wenn ich den Raum wieder betrete, nicht jedoch wenn ich mich permanent in ihm aufhalte.“ zeigen z.B., dass sich die Auswirkungen von Gerüchen mit der Expositionszeit verändern. Zahlreiche empirische Untersuchungen zeigen zudem, dass physiologische Adaptationsprozesse durch längerfristig veränderte thermische Umgebungsbedingungen ausgelöst und dabei durch die Aktivität modifiziert werden (z.B. erhöhte und früher einsetzende Schweißrate [Armstrong 1998]). Neben der **Art der Umgebungsbedingungen** wirken sich also in diesem Fall nicht die momentane Intensität, sondern der **zeitliche Verlauf** bzw. die **vergangenen Zustände** der **Intensität der Umgebungsbedingungen** auf den physischen Zustand aus. Der zeitliche Charakter **spezifiziert** dabei die Auswirkungen auf den Körper.

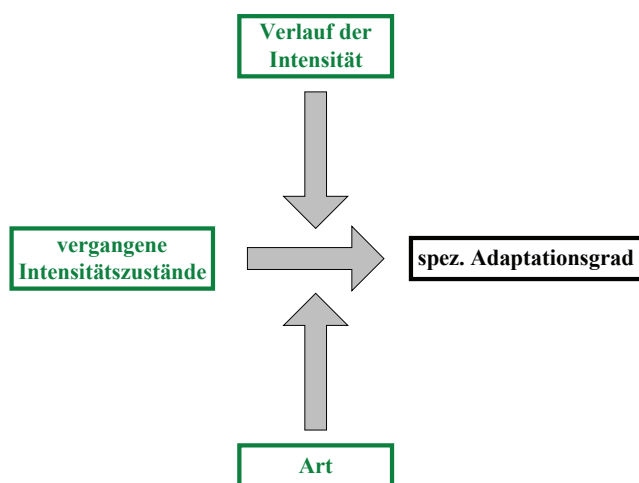


Abbildung 28

Die Wirkung vergangener Intensitätszustände der Umgebungsbedingungen auf den Adaptationsgrad des Individuums, spezifiziert durch die Art und zusätzlich beeinflusst durch den Verlauf der Intensität der Umgebungsbedingungen.

4.3.7.3.3 Die Wirkung von Emissionen des Individuums auf die Intensität und Art der Umgebungsbedingungen

Der Einfluss hoher Belegungsdichten - wie sie z.B. in Besprechungsräumen, Bussen oder Klassenzimmern auftreten - auf die vorliegenden Umgebungsbedingungen sind im Alltag bekannt. Besondere Bedeutung im Alltagswissen hat dabei vermutlich die Abhängigkeit der Luftqualität von der Anzahl der Individuen. In Abhängigkeit des **spezifischen physischen Zustands** (abhängig von Alter, Aktivität und einigen individuellen Faktoren wie z.B. der Reinlichkeit) emittieren Menschen verschiedene **Energie- und Materieströme**. Die Geruchs- und Kohlendioxidabgabe beeinflussen dabei direkt die Luftqualität, während sich die Wärmeabgabe auf die Temperatur und die Schweißabgabe auf die Feuchte des Raums auswirken. Diese Ströme können wiederum als **Emissionsfächer** beschrieben werden.

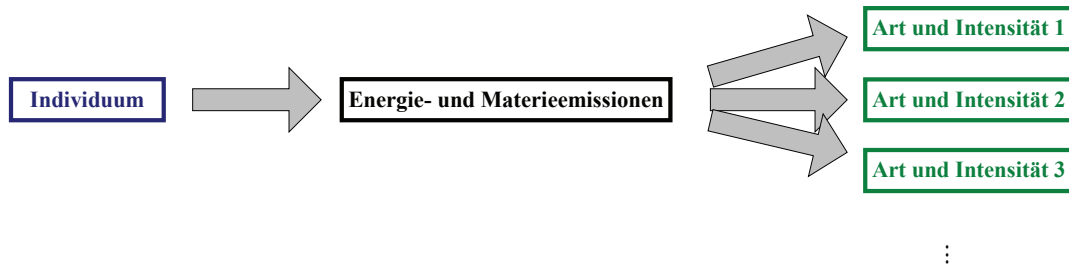


Abbildung 29

Die Energie- und Materieemissionen des Individuums beeinflussen die Art und die Intensität verschiedener Umgebungsbedingungen im Innenraum (dargestellt als „Art und Intensität 1, 2, 3“).

4.3.7.3.4 Die Spezifizierung und die Veränderung des mentalen Zustands des Individuums durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen

Äquivalent zu den Ausführungen in Abschnitt 4.3.7.3.1 auf Seite 124 führen die Intensität und die Art von Umgebungsbedingungen zu **spezifischen mentalen Zuständen**. Dies wird offensichtlich, wenn man sich vor Augen führt, dass Temperaturen als „warm“ oder „sehr warm“ und Geräusche als „laut“ oder „leise“ empfunden werden können, meist jedoch nicht umgekehrt.¹⁸ Die Intensität bestimmt dabei wiederum das Maß der Wirkung auf die mentalen Zustände, wobei die sensorische Kompetenz beeinflusst, ab welcher Intensitätsstärke ein spezifischer mentaler Zustand entstehen kann (vgl. Abschnitt 4.3.7.2 auf Seite 124, z.B. verschiebt Schwerhörigkeit die Empfindung „laut“ im Vergleich mit einem gesunden Gehör).¹⁹

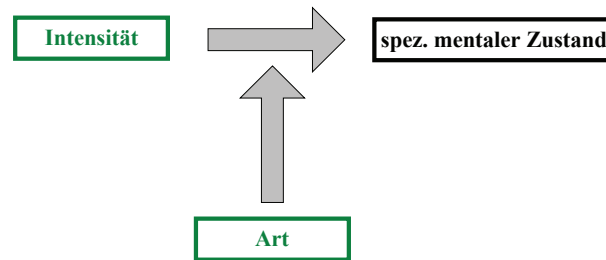


Abbildung 30

Die Auswirkung der Intensität der Umgebungsbedingungen auf den mentalen Zustand des Individuums, spezifiziert durch die Art der Umgebungsbedingungen.

In Abschnitt 4.3.3.2 auf Seite 78 über die Intensität der Umgebungsbedingungen wurde darauf hingewiesen, dass die Intensität der Umgebungsbedingungen einen zeitlichen Verlauf aufweist. Da der spezifische mentale Zustand unmittelbar von der Intensität der Umgebungsbedingungen abhängt, verfügt also auch dieser spezifische mentale Zustand über einen **zeitlichen Verlauf**.

4.3.7.4 Der Zusammenhang zwischen den Bedürfnissen des Individuums und den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen

4.3.7.4.1 Die Bewertung spezifischer mentaler Zustände vor dem Hintergrund des Bedürfnisses des Individuums nach behaglichen Umgebungsbedingungen

Der sich einstellende, spezifische mentale Zustand kann als positiv („... *angenehm* ...“), als negativ („... *unwohl* ...“) oder auch als mehr oder minder neutral („... *nicht stören* ...“) bewertet werden. Die Realitätserzählung zeugt vielfach von diesem Zusammenhang (z.B. „... *dass mir sehr schnell unwohl (weil zu warm)* ...“, „... *einen*

¹⁸ Das Phänomen der Synästhesie und der multimodalen Wahrnehmung von Sinnesreizen („laute Farben“, „helle Töne“) wird im Abschnitt 5 eingehend behandelt. Das Prinzip, dass spezifische Umgebungsbedingungen zu typischen mentalen Eindrücken führen, wird durch die Existenz dieser Phänomene jedoch nicht ungültig. Hier wird dieser Aspekt daher - um den Sachverhalt nicht zusätzlich und ohne viel Gewinn komplizierter zu machen - übergangen.

¹⁹ Weiter oben wurde angeführt, dass physische und mentale Zustände nicht unabhängig voneinander existieren. Dieser Zusammenhang bleibt von den hier ausgeführten Erläuterungen unberührt: Umgebungsbedingungen beeinflussen sowohl den physischen als auch den mentalen Zustand eines Individuums, inwiefern diese Zustände für den jeweils anderen Zustand *vermittelnd* wirken, muss hier jedoch offen bleiben.

kühlenden Luftzug zu spüren ...“, „... dass mich die wenig intensiven Sonnenstrahlen nicht stören ...“, „... Temperaturen im Raum angenehm ...“). Die Alltagserfahrung zeigt außerdem, dass, über diese speziellen Beispiele hinaus, Zusammenhänge ähnlicher Art existieren: Lärm kann z.B. lästig sein, Gerüche können zum Empfinden von Ekel oder schlechte Luftqualität zu Müdigkeit führen.

Somit unterliegen die spezifischen mentalen Zustände einer **Bewertung**, welche vor dem Hintergrund des **Bedürfnisses nach behaglichen Umgebungsbedingungen** erfolgt. Umgebungsbedingungen können also aus Sicht des individuellen Behaglichkeitsbedürfnisses ein individuelles Intensitätsoptimum aufweisen. Dieses Intensitätsoptimum auf der Basis der Behaglichkeitsbeurteilung wird hier **gewünschte Intensität** genannt. Die Art der Umgebungsbedingungen spezifiziert dabei die Art des Behaglichkeitsbedürfnisses (z.B. spezifische Behaglichkeitsbedürfnisse wie thermische Behaglichkeit oder olfaktorische Behaglichkeit).

Der bewertete, spezifische mentale Zustand hängt u.a. vom spezifischen physischen Zustand des Individuums ab, welcher wiederum durch das Individuum durch Regulation seiner physischen Aktivität und seiner Bekleidung beeinflussbar ist. Durch **zielgerichtetes Handeln** kann das Individuum also Einfluss auf die Befriedigung des spezifischen Behaglichkeitsbedürfnisses nehmen.

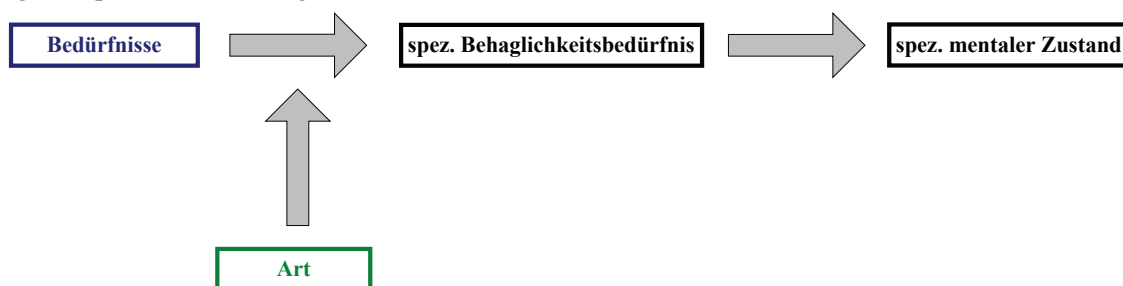


Abbildung 31
Das Behaglichkeitsbedürfnis, als ein Typus der individuellen Bedürfnisse, wird durch die Art der Umgebungsbedingungen spezifiziert. Der Pfeil, der auf „spez. mentaler Zustand“ zeigt, symbolisiert, dass der spezifische mentale Zustand vor dem Hintergrund des Behaglichkeitsbedürfnisses bewertet wird.

4.3.7.4.2 Der Einfluss des Geschlechts des Individuums auf das Behaglichkeitsbedürfnis

Geschlechtsspezifische Unterschiede werden in der Realitätserzählung nicht dargestellt. [Grabe und Winter 2008] haben jedoch mögliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern in Bezug auf **thermische Umgebungsbedingungen** auf der Basis einer umfangreichen Feldstudie untersucht. Dabei haben sie festgestellt, dass weibliche Versuchspersonen vergleichbare thermische mentale Zustände kritischer bewerteten als männliche Versuchspersonen. Als Basis der Untersuchung dienten dabei die umfangreichen Felddaten des Forschungsvorhabens RP 884 [de Dear 2012]. Die **Bewertung vor dem Hintergrund spezifischer Behaglichkeitsbedürfnisse** ist also vermutlich **geschlechterabhängig**.

4.3.7.4.3 Der Einfluss der Altersstufe des Individuums auf das Behaglichkeitsbedürfnis

In der oben genannten Untersuchung von [Grabe und Winter 2008] wurde ebenfalls die Abhängigkeit des thermischen Behaglichkeitsbedürfnisses von der Altersstufe untersucht. Auch hierbei konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden. Die Ausführungen in Abschnitt 4.3.7.4.2 gelten hier sinngemäß.

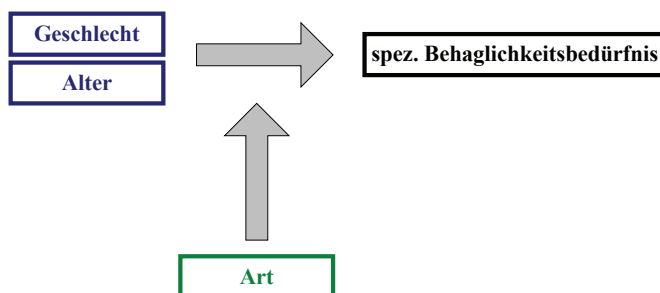


Abbildung 32
Die Eigenschaften „Geschlecht“ und „Alter“ des Individuums beeinflussen das spezifische Behaglichkeitsbedürfnis.

4.3.7.4.4 Die Präferenzen des Individuums für spezifische mentale Zustände

Das Auftreten interindividuell unterschiedlicher, bei vergleichbaren Umgebungsbedingungen durch das Geschlecht und das Alter modifizierter Behaglichkeitsbedürfnisse legt den Gedanken nahe, dass grundsätzlich individuelle **Präferenzen** bezüglich des spezifischen mentalen Zustands (wärmer - kühler, lauter - leiser) existieren. Tabelle 25 zeigt einige Beispiele dafür, die der Realitätserzählung entnommen sind und die sich auf Temperatur bzw. Wärme als Umgebungsbedingung beziehen. Präferenzen führen zu einer **Verschiebung** des **individuellen Intensitätsoptimums**: Besteht ein größerer Bedarf nach höheren Temperaturen, so besteht automatisch ein geringerer Bedarf nach niedrigeren Temperaturen.

Tabelle 25

Beispielhafte Darstellung der individuellen Präferenzen in Bezug auf thermische Umgebungsbedingungen.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Präferenzen	„... was mir zu warm wäre, ich schlafe besser bei Kälte ...“ „... habe ich aber auch eher eine Tendenz zu kühleren Temperaturen, mir wird meistens viel schneller „zu warm“ als anderen und ich mag kühlere Temperaturen mehr als warme.“

4.3.7.4.5 Die Toleranz des Individuums gegenüber spezifischen mentalen Zuständen

Der Begriff der individuellen Präferenz führt zum Begriff der individuellen **Toleranz**.²⁰ Im Vergleich mit der individuellen Präferenz verschiebt die Toleranz das Optimum jedoch nicht, sondern **verbreitert** das **Intensitätsoptimum**: Ist ein Individuum tolerant gegenüber dem Empfinden warmer Temperaturen, so werden geringere Temperaturen nicht automatisch eher abgelehnt. Wie zuvor spezifiziert die Art der Umgebungsbedingungen die Toleranz, siehe Abbildung 33.

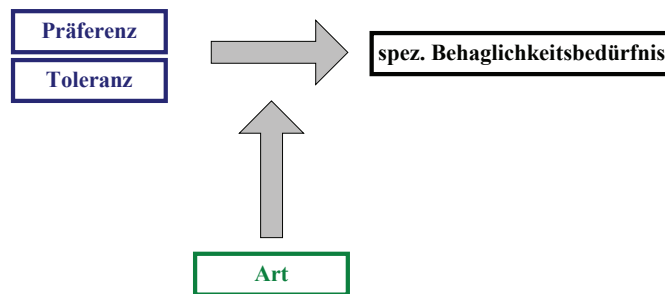


Abbildung 33

Präferenz und Toleranz beeinflussen das spezifische Behaglichkeitsbedürfnis durch Verschiebung und Verbreiterung des Intensitätsoptimums.

4.3.7.4.6 Die individuelle Präferenz-Rangfolge der Behaglichkeitsbedürfnisse

Die verschiedenen Arten der Umgebungsbedingungen liegen für das Individuum nie separiert, sondern stets zeitgleich vor. So nimmt z.B. ein Individuum zeitgleich die Temperatur der Umgebung, den eindringenden Schall und die Lichtverhältnisse des Raums wahr. Daraus kann eine Art **Konkurrenzsituation** entstehen, und zwar dann, wenn die Intensität einer Umgebungsbedingung (Lufttemperatur im Innenraum) durch eine gezielte Handlung (Öffnen des Fensters) näher in Richtung des individuellen Optimums (Absenkung der Temperatur) verändert werden soll, sich durch diese Maßnahme jedoch automatisch die Intensität einer anderen Umgebungsbedingung (Schall durch Außenlärm) weiter vom individuellen Optimum entfernt (Lärmpegel im Innenraum steigt an). Dieser Zusammenhang wurde bereits in Abschnitt 4.3.5.4.1 auf Seite 100 unter dem Begriff „Fächer der Übertragungseigenschaften“ dargestellt. Es handelt sich in diesem Beispiel also insofern um eine Konkurrenzsituation, als dass die Vorteile einer verbesserten Raumluftqualität gegenüber den Nachteilen eines erhöhten Lärmpegels abgewogen werden müssen.

²⁰ Die Begriffe „Toleranz“ und „Präferenz“ beziehen sich absichtlich auf „mentale Zustände“ und nicht auf die Intensität der Umgebungsbedingungen. Der Unterschied besteht darin, dass Toleranzen und Präferenzen in Bezug auf die Intensität der Umgebungsbedingungen auch durch die sensorische Kompetenz des Individuums geprägt sein können und dieser Aspekt eindeutig abgetrennt werden soll (z.B. bevorzugen schwerhörige Menschen laute Gespräche). Hier ist also tatsächlich der Bezug auf die Empfindung der Umgebungsbedingungen nicht der Bezug auf die Umgebungsbedingungen selber gemeint.

Die Feststellung, dass Intensitäten von Umgebungsbedingungen je nach Art offenbar individuell (bzw. alters- und geschlechtsabhängig) unterschiedlich empfunden und bewertet werden, führt in diesem Zusammenhang dazu, dass auch diese Art der Konkurrenzsituation interindividuell unterschiedlich bewertet wird. Werden höhere Temperaturen nicht als unangenehm empfunden, kann zugunsten der Lärmsituation eher auf das Lüften verzichtet werden. Werden hingegen hohe Schallpegel nicht als lästig empfunden, so kann das Lüften weitestgehend unabhängig davon erfolgen. Die Realitätserzählung verweist mit „... ziehe mir lieber über Nacht ein langes und dickes T-Shirt an, als auf die frische Luft zu verzichten ...“ auf eine weitere Konkurrenzsituation, in diesem Fall zwischen kalten Temperaturen einerseits und frischer Luft andererseits während kalter Nächte.

Diese Vielfalt weist darauf hin, dass es eine Art individuell geprägte **Präferenz-Rangfolge** der Behaglichkeitsbedürfnisse gibt. Bei dieser Präferenz-Rangfolge steht diejenige Umgebungsbedingung, für die das Individuum am empfindlichsten gegenüber Abweichungen von seinem Optimum reagiert, an erster Stelle. Die hier formulierte Präferenz-Rangfolge bedingt jedoch nicht automatisch, dass im konkreten Fall das spezifische Behaglichkeitsbedürfnis, welches an der obersten Stelle der Rangfolge steht, automatisch bevorzugt befriedigt wird. Vielmehr steht dabei im Vordergrund, wie weit eine aktuelle, spezifische Umgebungsbedingung von dem individuellen Optimum abweicht. Ist also ein Individuum, das tolerant gegenüber Lärm jedoch wenig tolerant gegenüber Wärme ist, starkem Lärm bei moderaten Temperaturen ausgesetzt, so ist vermutlich dennoch die akustische und nicht die thermische Situation maßgeblich.

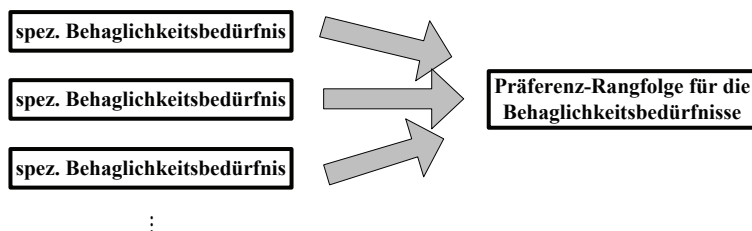


Abbildung 34

Die verschiedenen spezifischen Behaglichkeitsbedürfnisse lassen sich in eine individuelle Präferenz-Rangfolge bringen.

Aus der Präferenz-Rangfolge der Behaglichkeitsbedürfnisse lassen sich die **gewünschten Intensitäten** der einzelnen Arten der Umgebungsbedingungen ableiten, die somit konzeptuell neben den oben beschriebenen, „mindestens erforderlichen Intensitäten“ stehen (Abschnitt 4.3.7.3 auf Seite 124).

4.3.7.4.7 Die Bewertung spezifischer mentaler Zustände vor dem Hintergrund des Bedürfnisses des Individuums nach Gesunderhaltung

Aussagen wie „Ich möchte mich ganz sicher nicht erkälten ...“ weisen darauf hin, dass die spezifischen mentalen Zustände nicht allein vor dem Hintergrund des Behaglichkeitsbedürfnisses bewertet werden, sondern dass auch Aspekte der Gesunderhaltung eine Rolle im Zusammenhang mit der Bewertung von Umgebungsbedingungen spielen. Es stellt sich jedoch die Frage, ob diesem Bewertungsvorgang eine *eigenständige* Rolle zugebilligt werden muss oder ob sich dieses Bedürfnis nicht geeigneterweise im Zusammenspiel mit dem Behaglichkeitsbedürfnis betrachten lässt. Für Letzteres spricht, dass sich eine Gesundheitsbeeinträchtigung im Rahmen der Gebäudenutzung nach alltäglicher Erfahrung erst jenseits von Umgebungsbedingungs-Intensitäten einstellt, die bereits als unbehaglich empfunden werden. Die Tatsache, dass gesundheitsrelevante Aspekte lediglich ein einziges Mal in der Realitätserzählung erwähnt werden, kann als deutlicher Hinweis auf diese Beschränkung verstanden werden. In Übereinstimmung mit dieser Einschätzung kann also davon ausgegangen werden, dass das Bedürfnis nach Gesunderhaltung nur in vernachlässigbar geringem Umfang verhaltensrelevant im Sinne dieser Arbeit wird. Die potenzielle Gefährdung der Gesundheit wird daher im Kontext dieser Arbeit als Zustand „extremer Unbehaglichkeit“ gewertet und daher zwar als Bedürfnis verstanden, jedoch ohne ihm eine gesonderte Rolle zuzuweisen.

4.3.7.5 Die mittelbaren und unmittelbaren Erfahrungen des Individuums mit den Umgebungsbedingungen und deren Auswirkungen

4.3.7.5.1 Die Erfahrungen des Individuums mit den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen

Die Realitätserzählung zeugt davon, dass Individuen ein auf Erfahrung basierendes Wissen darüber haben, welche **charakteristischen Verläufe** die **Intensitäten** von **Umgebungsbedingungen** üblicherweise nehmen und in welchem Rahmen sie sich bewegen. So ist dem Individuum in aller Regel bekannt, dass im Winter geringere Außentemperaturen als im Sommer herrschen, die Sonne im Verlauf des Tages wandert („*Mittlerweile ist die Sonne aber weitergewandert ...*“) oder der Lärm des Autoverkehrs morgens und abends am stärksten ist („*... vor allem während des Berufsverkehrs morgens und abends ...*“). Es liegen also **Erfahrungen mit Intensitätsverläufen** vor, die spezifisch für die **Art der Umgebungsbedingungen** sind.

4.3.7.5.2 Die Erfahrungen des Individuums mit seinen spezifischen mentalen Zuständen

Über die Erfahrungen mit den konkreten Intensitäten der Umgebungsbedingungen hinaus verfügen Individuen i.d.R. auch über Erfahrungen mit den mentalen Zuständen, die durch die Umgebungsbedingungen hervorgerufen werden. Darauf weisen typische umgangssprachliche Aussagen wie „*ein milder Winter*“, „*ein strenger Winter*“ oder „*ein besonders heißer Sommertag*“ hin. Damit werden keine Aussagen über die konkrete Intensität der thermischen Umgebung, sondern Aussagen über die mentalen Zustände getroffen, die durch diese Intensitäten verursacht werden. Dabei wird offenbar ein Vergleich anhand einer Norm durchgeführt: Der Winter ist milder als üblich, strenger als üblich oder der Tag ist heißer als üblich. Diese „Empfindungs-“ Norm ist es, die durch die individuellen Erfahrungen gebildet wird. Dieser Typus Erfahrungen weist also Auswirkungen auf die Wahrnehmung der Umgebungsbedingungen auf. So wird z.B. eine Außentemperatur von 10 °C (Intensität der Umgebungsbedingungen) in unseren Breitengraden im Winter üblicherweise als warm und im Sommer üblicherweise als kalt empfunden.

Eine besondere Relevanz erhält dieser Aspekt aus der begründeten Vermutung, dass aus dieser Wahrnehmungsverschiebung wiederum Konsequenzen für die Bewertung der Umgebungsbedingungen vor dem Hintergrund des Behaglichkeitsbedürfnisses folgen. Ein und dieselbe Temperatur kann also unter der einen Bedingung als *zu warm* (Winter) und unter der anderen Bedingung als *zu kalt* (Sommer) bewertet werden, jeweils im Vergleich mit der Erfahrung üblicher, mentaler Zustände unter den gegebenen Umständen (also mit der gültigen Norm).

4.3.7.6 Ontologische Darstellung der Bereiche „Umgebungsbedingungen“ und „Individuum“ in der Übersicht

In den vorangegangenen Abschnitten wurde dargestellt, welche interrelativen Verknüpfungen sich aus der gemeinsamen Betrachtung der Bereiche „Umgebungsbedingungen“ und „Individuum“ ergeben. Die dort aufgeführten Merkmale und Interrelationen sind dem alltäglichen Nutzer eines Gebäudes vermutlich bekannt und spielen im Rahmen seiner Aktivitäten eine entsprechende Rolle. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, werden die einzelnen Interrelationen nachfolgend noch einmal zusammenfassend dargestellt und dafür auf die verwendeten Überschriften und die entwickelten Begriffe zurückgegriffen.

1) Der Zusammenhang zwischen der Bekleidung des Individuums und den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen

i) Die Spezifizierung der allgemeinen Durchlässigkeitseigenschaften der Bekleidung durch die Art der Umgebungsbedingungen

örtliche Differenzierung der spezifischen Durchlässigkeit

ii) Die Quantifizierung der Durchlässigkeit der Bekleidung gegenüber Umgebungsbedingungen durch die Intensität der Umgebungsbedingungen

konkrete spezifische Durchlässigkeitseigenschaften (z.B. dünne Hose, dicker Pullover)

2) Der Zusammenhang zwischen den sensorischen Kompetenzen des Individuums und der Art der Umgebungsbedingungen

*Gehör: Schall; Gesichtssinn: Licht; Geruchssinn: Geruch
mindestens erforderliche Intensität*

3) Der Zusammenhang zwischen den Momentanzuständen des Individuums und den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen

- i) Die Spezifizierung und die Veränderung des physischen Zustands des Individuums durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen
- ii) Die längerfristige physische Adaptation des Individuums als Folge der Auswirkungen der Umgebungsbedingungen
- iii) Die Wirkung von Emissionen des Individuums auf die Intensität und Art der Umgebungsbedingungen
Emissionsfächer
- iv) Die Spezifizierung und die Veränderung des mentalen Zustands des Individuums durch die Intensität und die Art der Umgebungsbedingungen
*Temperaturen: „warm“, „sehr warm“; Schall: „laut“, „leise“
zeitlicher Verlauf*

4) Der Zusammenhang zwischen den Bedürfnissen des Individuums und den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen

- i) Die Bewertung spezifischer mentaler Zustände vor dem Hintergrund des Bedürfnisses des Individuums nach behaglichen Umgebungsbedingungen
*positive, negative, neutrale Bewertungen
Intensitätsoptimum
Einflussnahme durch Handlung: Regulation der physischen Aktivität und der Bekleidung*
- ii) Der Einfluss des Geschlechts des Individuums auf das Behaglichkeitsbedürfnis
- iii) Der Einfluss der Altersstufe des Individuums auf das Behaglichkeitsbedürfnis
- iv) Die Präferenzen des Individuums für spezifische mentale Zustände
Verschiebung des individuellen Intensitätsoptimums
- v) Die Toleranz des Individuums gegenüber spezifischen mentalen Zuständen
Verbreiterung des individuellen Intensitätsoptimums
- vi) Die individuelle Präferenz-Rangfolge der Behaglichkeitsbedürfnisse
gewünschte Intensität
- vii) Die Bewertung spezifischer mentaler Zustände vor dem Hintergrund des Bedürfnisses des Individuums nach Gesunderhaltung

5) Die mittelbaren und unmittelbaren Erfahrungen des Individuums mit den Umgebungsbedingungen und deren Auswirkungen

- i) *Die Erfahrungen des Individuums mit den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen*
- ii) *Die Erfahrungen des Individuums mit seinen spezifischen mentalen Zuständen*

Das mutmaßliche Realitätsbild der beiden Bereiche aus Sicht des Nutzers wird ontologisch in Abbildung 35 auf Seite 132 dargestellt. Die Art der Codierung wurde dabei gegenüber Abbildung 21 auf Seite 116 nicht geändert: Die Farbcodierung stimmt mit der Codierung überein, die für die Taxonomisierung der Einzelbereiche verwendet wurde, abgeleitete Begriffe wurden schwarz gefärbt. Offene Pfeile mit durchgezogener Linie markieren Merkmalszugehörigkeit (z.B. „Material“ als Eigenschaft von „Bekleidung“), offene Pfeile mit gestrichelter Linie markieren Abhängigkeiten im Sinne von „verwendet ...“ (z.B. verwendet „Bekleidung“ das Individualmerkmal „Bekleidungspräferenz“) und geschlossene Pfeile zeigen Relationen im Sinne von „Typus von ...“ (z.B. zählt „Müdigkeit“ zum Typus „spezifischer mentaler Zustand“).

Das Diagramm beinhaltet eine Reihe von Merkmalen, die das Attribut „spezifisch“ vorangestellt haben (z.B.

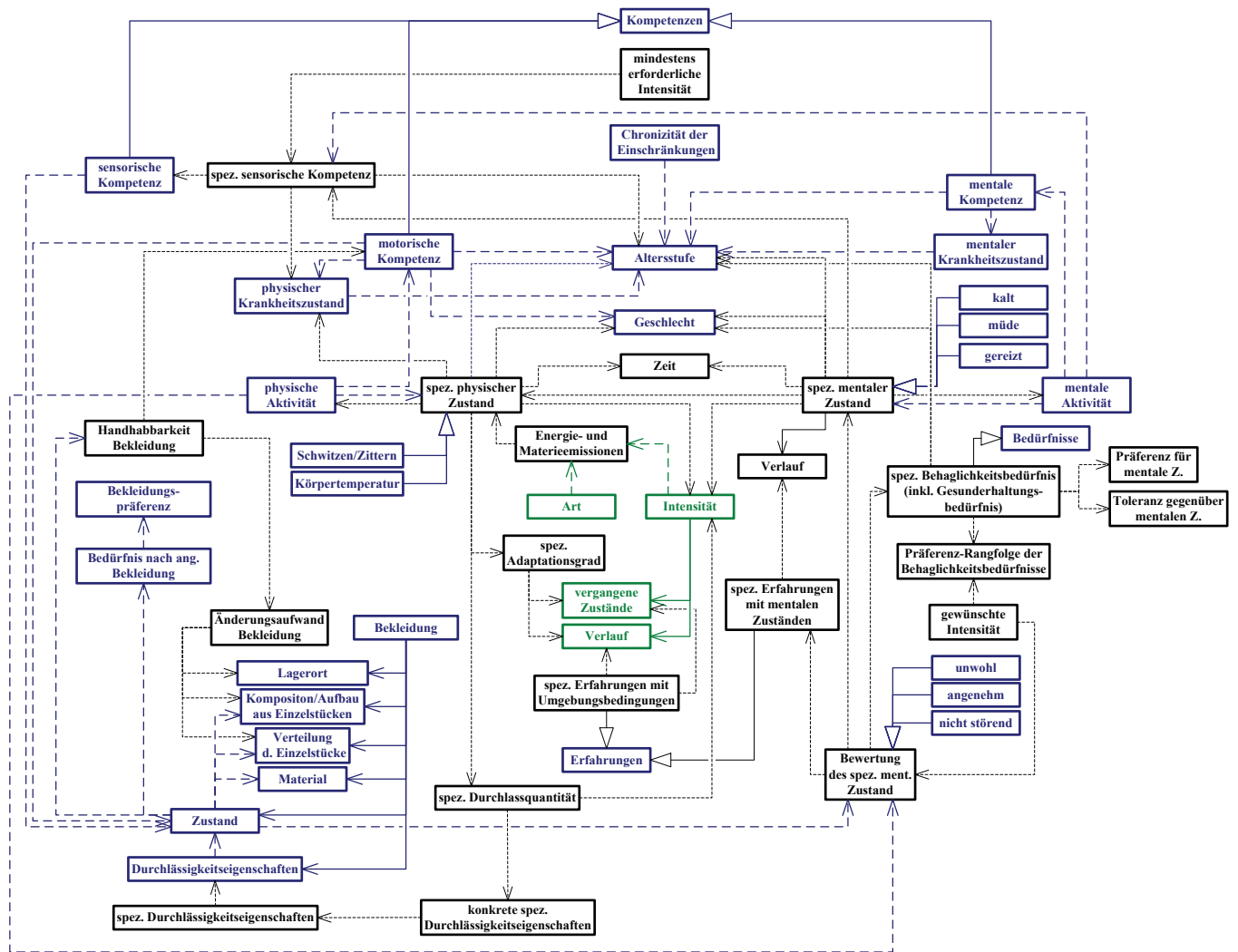


Abbildung 35
Ontologische Grundmatrix der Eigenschaften des Individuums und der Umgebungsbedingungen und ihrer Interrelationen.

„spez. mentaler Zustand“. Dieses Attribut wurde in den vorhergehenden Abschnitten stets durch die Kombination eines generellen Merkmals (z.B. „mentaler Zustand“) mit der Art der Umgebungsbedingung gebildet, sodass sich das Attribut „spezifisch“ immer auf die Spezifizierung durch die Art der Umgebungsbedingung bezieht. Zur Verbesserung der Übersichtlichkeit wurde in dem Diagramm jedoch auf die Darstellung des generellen Merkmals verzichtet und lediglich das spezifische Merkmal (z.B. „spezifischer mentaler Zustand“) aufgeführt. Darüber hinaus wurde darauf verzichtet, zwischen dem spezifischen Merkmal und der „Art“ der Umgebungsbedingung einen gestrichelten, offenen Pfeil darzustellen, da dieser Zusammenhang durch das Präfix „spez.“ ausreichend symbolisiert ist.

Das Diagramm ist so zusammengefügt, dass physische Merkmale (physischer Zustand, physische Aktivität, physischer Gesundheitszustand) und mentale Merkmale (mentaler Zustand, mentale Aktivität, mentaler Gesundheitszustand) auf jeweils unterschiedlichen Seiten des Diagramms dargestellt sind. Beide Anteile sind den obigen Ausführungen entsprechend verknüpft und werden zudem jeweils von einer Reihe gleicher Merkmale beeinflusst (z.B. Alter, Geschlecht). Im Zentrum der Darstellung sind die Umgebungsbedingungen mit ihren hier relevanten Merkmalen aufgeführt. Die Pfeile, die auf diese Merkmale verweisen, visualisieren, dass eine Reihe individueller Merkmale von den Umgebungsbedingungen im Umfeld des Individuums abhängen. Hier lassen sich auch zirkuläre Bezüge identifizieren: Beispielsweise beeinflussen die Umgebungsbedingungen den physischen Zustand des Individuums, welcher andererseits die typischen Emissionen von Energie und Materie des Individuums bestimmen (z.B. Wärme, Feuchtigkeit, Geruch), die sich dann entsprechend auf die Zusammensetzung und Intensität der Umgebungsbedingungen auswirken.

4.3.8 Interrelationen zwischen den Bereichen Individuum und Gebäude

Zwischen den Bereichen „Individuum“ und „Gebäude“ bestehen ebenfalls zahlreiche Interrelationen. So können verschiedene Eigenschaften des Gebäudes identifiziert werden, die einen Bezug zur physischen Aktivität des Individuums erkennen lassen. Daraus sind wiederum Interrelationen, wie die Lokalisierung des Individuums innerhalb des Gebäudes und die Bewegungen des Individuums zwischen seinen Standorten ableitbar. Interaktionen mit dem Gebäude erfordern außerdem die Betrachtung der motorischen Kompetenz des Individuums in Kombination mit den topologischen Eigenschaften der Räume, speziell der Ausstattungselemente. Schließlich lässt sich eine Reihe verschiedener Bedürfnisse des Individuums aufzeigen, die parallel zu dem bereits zuvor beschriebenen Bedürfnis nach Behaglichkeit (vgl. 4.3.7.4 auf Seite 126) existieren, jedoch einen direkten Bezug zu den Eigenschaften des Gebäudes aufweisen.

4.3.8.1 Der Zusammenhang zwischen der physischen Aktivität des Individuums und der Gebäudetopologie

Zahlreiche physische Aktivitäten können in Gebäuden durchgeführt werden, die nicht unmittelbar durch die Eigenschaften des Gebäudes beeinflusst werden. Will das Individuum das Gebäude jedoch zweckentsprechend nutzen, so sind verschiedene andere physische Aktivitäten notwendigerweise zu verrichten. Diese Aktivitäten können im hier gemeinten Kontext vornehmlich durch die erforderlichen **Bewegungen des Individuums** innerhalb des Gebäudes beschrieben werden. Die hierfür relevanten Merkmale des Gebäudes wurden in Abschnitt 4.3.4 auf Seite 82 bereits ausführlich beschrieben und umfassen alle Lagemerkmale der Elemente des Gebäudes wie die **Lage des Gebäudes im übergeordneten Raum**, die **Lage des Raums im Gebäude** und die **Lage der Ausstattungselemente innerhalb des Raums**. Die Realitätserzählung nimmt auf diese Dreiteilung der interräumlichen Bewegungen an zahlreichen Stellen Bezug. Einige davon sind in der nachfolgend dargestellten Tabelle 26 aufgeführt.

Tabelle 26

Beispielhafte Textabschnitte aus der Realitätserzählung zur Darstellung interräumlicher Bewegungen als ein Typus physischer Aktivitäten des Individuums.

Merkmal	Beispielhafter Textauschnitt
zwischen Gebäuden	<p>„Bevor ich dann das Haus verlasse ...“ „... betrete ich das Gebäude ...“ „Danach gehe ich zum Nebentreppenhaus und steige - mit Rad auf der Schulter - bis in den 3. Stock hinauf. Dort stelle ich das Rad in einem Nebenraum ab und gehe durch einen Flur an den Lehrstuhl zu meinem Arbeitsplatz.“ „... öffne die Tür zu dem Nebenraum in dem mein Rad steht, nehme mein Rad und gehe durch das Treppenhaus nach unten. Nach 5 Kilometern stehe ich, leicht verschwitzt, vor der Haustür des Mehrfamilienwohnhauses in dem ich wohne.“ „Ich betrete das Treppenhaus, ... Mit dem Rad steige ich in den dritten Stock ... schließe die Tür auf und betrete meine Wohnung.“</p>
zwischen Räumen	<p>„Der nächste Weg führt mich ins Wohn-Esszimmer ...“ „Anschließend geht es in die Küche ...“ „... danach gehe ich ins Bad ...“ „... und gehe daher jetzt zu unserer Kopier- und Druckstation im Nebenraum, um mir den Druck abzuholen.“ „... stehe auf und begeben mich in die Küche ...“ „Wieder im Büro angekommen ...“ „... und gehe damit zurück in mein Arbeitszimmer.“ „Ich betrete also meinen Raum ...“ „Wir gehen also gemeinsam zu unserem Besprechungsraum, öffnen die Tür und treten ein.“ „Ich nehme mir also meine Vorlesungsunterlagen ... und verlasse den Lehrstuhl, um zum Hörsaal zu gehen.“ „... d.h. ihn aus dem Keller zu holen und neben das Bett zu stellen.“</p>
innerhalb eines Raums	<p>„Ich stehe also auf, gehe zum Fenster ...“ „... stehe also fix auf und ...“ „Um an das Thermostat zu gelangen, muss ich entweder die Abdeckung der Heizung abmontieren oder alternativ auf dem Fußboden herumkriechen.“ „... stehe auf, gehe zum Sonnenschutz ...“ „... muss ich dafür aufstehen, zur Tür gehen, ..., zum Tisch zurückgehen und mich wieder hinsetzen ...“ „... diesen Ventilator an meinen PC anzuschließen ...“</p>

4.3.8.2 Der Zusammenhang zwischen der Lokalisierung des Individuums und der Gebäudetopologie

Durch die Bewegungsaktivitäten befindet sich das Individuum stets an einem durch die Topologie und Lage des Gebäudes bzw. Raums beschreibbaren Ort. Ähnlich wie auf Umgebungsbedingungen mit einem Ortsattribut Bezug genommen wird, so kann also auch das Individuum mit einem **Ortsattribut** versehen werden. Somit können **potenzielle Aufenthaltsorte** des Individuums durch Bezugnahme auf die Topologie des Gebäudes beschrieben werden.

Darüber hinaus lassen sich jedoch nicht nur potenzielle, sondern insbesondere auch **wahrscheinliche Aufenthaltsorte** des Individuums innerhalb des Gebäudes und seinen Teilen beschreiben. In Abschnitt 4.3.4.5 auf Seite 86 wurde der Begriff der funktionalen Ausstattungselemente für Elemente wie z.B. Herd, Küchenspüle, Computer, Schreibtisch, Dusche, Spülbecken u.Ä. eingeführt und deren Lage in Bezug auf die Raumtopologie definiert. Diese funktionalen Ausstattungselemente werden durch das Individuum während seiner Aktivitäten verwendet: Der Schreibtisch ist somit ein häufiger Aufenthaltsort während Büroarbeiten, der Esstisch während des Mittagessens, ein Punkt im Flur mit den beliebigen Koordinaten X und Y jedoch praktisch nie. Die Position des Individuums ist somit zwar Veränderungen unterlegen, dennoch existieren Orte, die als Aufenthaltsort für das Individuum wahrscheinlicher sind als andere.²¹

4.3.8.3 Der Zusammenhang zwischen den Kompetenzen des Individuums und den Eigenschaften der regulativen Ausstattungselemente

4.3.8.3.1 Der für die Bedienung der regulativen Ausstattungselemente erforderliche Aufwand

Neben der relativen Position der Ausstattungselemente zueinander wurde in Abschnitt 4.3.4.8 auf Seite 89 ebenfalls die Weglänge zwischen den funktionalen Ausstattungselementen und den Bedieneinheiten der regulativen Ausstattungselemente definiert. Mit Berücksichtigung der vorangegangenen Ausführungen zum wahrscheinlichen Aufenthaltsort kann diese **Weglänge** als derjenige Weg verstanden werden, den das Individuum zurücklegen muss, um das Bedienelement eines regulativen Ausstattungselements erreichen zu können (also z.B. zwischen dem Schreibtisch und dem Fenstergriff). Dieser Weg muss also für die Bedienung des regulativen Elements überwunden werden und stellt somit einen **Aufwand** für das Individuum dar. Im Beispiel der Realitätserzählung liegt der Lichtschalter für die Deckenbeleuchtung neben der Tür, während sich der Arbeitsplatz am Schreibtisch neben der Fassade befindet. Zwischen Schalter und Schreibtisch liegt also ein zu überbrückender Weg, sodass aus dieser Perspektive die Verwendung der Tischleuchte einen geringeren Aufwand erfordern würde als die Verwendung der Deckenbeleuchtung.

Ist dieser Weg überbrückt, beeinflusst die unmittelbare Zugriffsmöglichkeit auf das Element bzw. seine Bedieneinheit durch seine **Position** und **Verdeckung** den weiteren Aufwand (vgl. Tabelle 12 auf Seite 87). Es besteht ein offener Unterschied darin, ob die Bedieneinheit direkt (da der Griff des Fensters auf Hüfthöhe liegt) oder nur indirekt (da das Thermostat durch die Heizungsabdeckung verdeckt ist) greifbar ist. Ein tiefer Fenstersims erschwert z.B. das Erreichen des Fenstergriffs, wenn das Individuum vor der Fassade steht, ebenso ein weit oben angebrachter Fenstergriff.

Ist die Bedieneinheit des Elements schließlich erreicht, so besteht ein erheblicher Teil des gesamt zu betreibenden Aufwands darauffolgend in der **Anzahl** und der **Komplexität** der Arbeitsschritte, die erforderlich sind, um das Element wunschgemäß zu verändern. In der Realitätserzählung variiert dieser Aufwand zwischen „sehr hoch“ - in Bezug auf den schwer zu bewegenden Sonnenschutz - und „sehr niedrig“ - in Bezug auf die automatisch startende Badezimmerbelüftung (durch Betätigung des Lichtschalters). Zusätzlich wird der Aufwand durch **Schaden** der Bedieneinheiten und der Kernbauteile erschwert (vgl. wiederum Tabelle 12 auf Seite 87 und Tabelle 13 auf Seite 88). Die nachfolgende Abbildung 36 stellt diesen Zusammenhang grafisch dar.

²¹ Diese Darstellungen führen natürlich augenblicklich zu der Frage, welche funktionalen Ausstattungselemente im Gebäude vorhanden und wie diese typischerweise arrangiert sind. Dies lässt sich im hier erörterten Zusammenhang jedoch noch nicht beantworten, da hier der Einfluss überindividueller Nutzungssysteme wirksam wird. Eine entsprechende Darstellung muss daher auf den Abschnitt 4.3.12.2 auf Seite 183 verschoben werden.

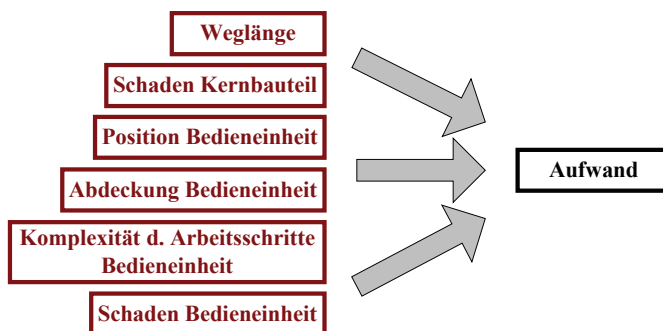


Abbildung 36
Grafische Darstellung derjenigen Gebäudemerkmale, die den Aufwand für die Verwendung eines regulativen Ausstattungselements mitbestimmen.

4.3.8.3.2 Die Handhabbarkeit der regulativen Ausstattungselemente

Die in der Realitätserzählung auftauchende Reflexion „... ich frage mich häufig, was ältere oder körperlich weniger fitte Kollegen in einer solchen Situation machen würden ...“ bezieht sich auf die nur sehr schwer erreichbare Heizung. Dies dokumentiert, dass für die Nutzung regulativer Ausstattungselemente nicht alleine der objektive **Aufwand** entscheidend ist, sondern ebenso die **motorische Kompetenz** des Individuums. Äquivalent zu den Ausführungen in Abschnitt 4.3.6.11.1 auf Seite 116 über die Bekleidung des Individuums kann die **Handhabbarkeit** also nur durch die gemeinsame Betrachtung sowohl der Individual- als auch der Gebäude-merkmale beschrieben werden. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 37 grafisch dargestellt.

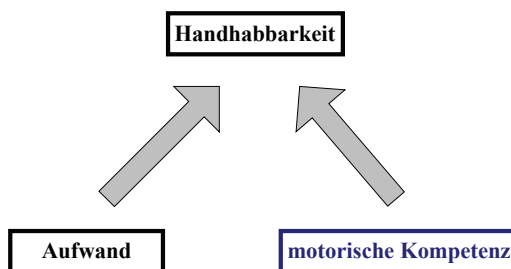


Abbildung 37
Grafische Darstellung der Einflussgrößen für die Handhabbarkeit.

Die Tabelle 27 gibt einige Beispiele aus der Realitätserzählung an, die den Aufwand und die Handhabbarkeit dokumentieren.

Tabelle 27
Beispielhafte Textabschnitte aus der Realitätserzählung zur Darstellung der Handhabbarkeit regulativer Ausstattungselemente.

Merkmal	Beispielhafter Textauschnitt
Handhabbarkeit	<p>„Mit dem Sonnenschutz hier ist das so eine Sache, denn seine Bedienung ist nicht gerade komfortabel.“ „Der Prozess ist also etwas mühsam, wobei das Hochziehen weitaus unangenehmer ist, als das Herablassen.“ „... aber das Aufstehen, das Hochziehen mit der Schnur, das alles ist manchmal so mühsam ...“ „Um an das Thermostat zu gelangen, muss ich entweder die Abdeckung der Heizung abmontieren oder alternativ auf dem Fußboden herumkriechen. Beides ist mir zu aufwendig ...“ „... die Tischleuchte zu benutzen, wenn ich mehr Licht benötige, ... zweitens ist der Aufwand dafür minimal.“ „Will ich jedoch die Deckenleuchte anschalten, muss ich dafür aufstehen, zur Tür gehen, den Schalter betätigen, zum Tisch zurückgehen und mich wieder hinsetzen (zum Ausschalten das gleiche!). Dieser Aufwand ist mir häufig zu hoch.“ „Auch wenn mein Fenster offenbar älterer Bauart ist, so ist die Konstruktion doch sehr viel komfortabler als diejenige der Heizung.“ „Es ist bestens zu erreichen (der Griff liegt auf Hüfthöhe) ...“ (in Bezug auf Fensterflügel) „Eine bessere - weil ... bequemere - Alternative ist die Verwendung eines Ventilators ...“</p>

Führt man sich diese Beispiele vor Augen und variiert gedanklich die von Alter, Geschlecht und Gesundheitszustand abhängige motorische Kompetenz des Individuums, so wird die Relevanz des Begriffs „Handhabbarkeit“ augenscheinlich: Für Kinder mit geringer Körpergröße ist der Griff des Fensters schwieriger zu greifen als für den größeren Erwachsenen, einer weniger kräftigen Frau fällt es schwerer, einen klemmenden Fensterflügel zu bewegen, als einem kräftigeren Mann und einer körperbehinderten Person fällt es vermutlich schwerer, das Heizungsthermostat zu erreichen als einer nicht körperbehinderten Person.

4.3.8.4 Der Zusammenhang zwischen dem mentalen Zustand des Individuums und den Eigenschaften des Gebäudes

In Abschnitt 4.1 auf Seite 61 wurde dargelegt, dass die alltagssprachlich verfasste Realitätserzählung eines typischen Tagesablaufs dazu dient, die Rezeption der verschiedenen Kategorialbereiche durch ein Individuum wiederzugeben. Es wurde darauf hingewiesen, dass dafür absichtlich eben nicht eine fachsprachliche Beschreibung verwendet wurde, da diese eine wissenschaftlich-objektive Sichtweise einnimmt, die nicht deckungsgleich mit der subjektiven Sicht des Individuums ist. Daraus folgt, dass für die Gesamtheit dessen, was im Zuge der bisherigen Taxonomisierungen dargestellt wurde, die Vermutung gilt, dass es durch das Individuum wahrgenommen und somit auch bewertet werden kann. Hierzu zählen also ebenfalls die vielfältigen, in Abschnitt 4.3.4 auf Seite 82 taxonomisierten Eigenschaften des Gebäudes.

4.3.8.5 Der Zusammenhang zwischen den Bedürfnissen des Individuums und den Eigenschaften des Gebäudes

Dem bereits in Abschnitt 4.3.7.4 auf Seite 126 eingeführten Begriff des „Behaglichkeitsbedürfnisses“ ging die Definition des „spezifischen mentalen Zustands“ voraus (spezifisch für eine Art der Umgebungsbedingung). Dieser basierte auf der Definition des generellen Merkmals „mentaler Zustand“ als eine neutrale und unbewertete Empfindung des Individuums (z.B. „warm“ oder „laut“, 4.3.6.6 auf Seite 113). Die Vorgehensweise ist an dieser Stelle vergleichbar: Auch die in den nachfolgenden Unterabschnitten beschriebenen Bedürfnisse setzen einen mentalen Zustand voraus, der einer unbewerteten Empfindung mit Bezug auf das Gebäude und seiner Eigenschaften entspricht. Dieser mentale Zustand (die Empfindung) kann dann vor dem Hintergrund eines speziellen Bedürfnisses durch das Individuum **bewertet** werden. Zugunsten einer vereinfachten Darstellung wird hier jedoch auf die explizite Beschreibung dieser mentalen Zustände *unter einer eigenen Überschrift* verzichtet und dieser Aspekt stattdessen *in die Beschreibung des jeweiligen Bedürfnisses integriert*.

4.3.8.5.1 Das Bedürfnis des Individuums nach Sicherheit im Gebäude

Die Aussage in der Beschreibung des Tagesablaufs „... dass niemand einbricht (was im 3.OG ziemlich sicher ist) ...“ weist auf das Bedürfnis des Individuums nach Sicherheit im Gebäude hin. Das konkrete Beispiel bezieht sich dabei auf die Abschätzung des Einbruchrisikos über Nacht aufgrund geöffneter Fenster und somit auf die Abwägung des Sicherheitsbedürfnisses gegenüber dem Behaglichkeitsbedürfnis (die Erwartung niedriger Raumtemperaturen am kommenden Morgen). Weitere empirische Hinweise auf ein Sicherheitsbedürfnis liefert die Untersuchung von [Haldi & Robinson 2009a], die einen statistisch signifikanten, negativen Einfluss der Geschosshöhe auf das Schließen des Fensters bei Verlassen des Raums festgestellt haben (je höher das Geschoss, umso geringer die Wahrscheinlichkeit, das Fenster zu schließen). Die Vermutung liegt also nahe, dass das Einbruchrisiko für höher gelegene **Geschosse** als geringer eingeschätzt und dadurch das Sicherheitsbedürfnis angemessener befriedigt wird. Dabei ist es jedoch sinnvoller, anstelle des Merkmals „Geschosse“ das generalisierte Merkmal **Lage des Raums innerhalb des Gebäudes** zu verwenden. So ist es z.B. denkbar, dass nicht nur das Geschoss, sondern auch die Ausrichtung des Raums in Richtung eines Innenhofs (anstelle einer Ausrichtung zur öffentlichen Straße) das **Empfinden von Sicherheit** beeinflusst. Darüber hinaus stimmt es mit der alltäglichen Erfahrung überein, dass das Sicherheitsbedürfnis in „unsicheren Gegenden“ eher als bedroht empfunden wird, als in „sicheren Gegenden“. Auch wenn diese beiden Begriffe nicht ohne Weiteres eindeutig konkretisierbar sind, so kann dennoch davon ausgegangen werden, dass die **Lage des Gebäudes** im

übergeordneten Raum - insbesondere seine **regionale Einbindung** - in Bezug auf das Sicherheitsbedürfnis eine Rolle spielt. Entscheidend für das Sicherheitsbedürfnis ist jedoch der **Zustand des Fensters**, welches im geschlossenen Zustand naturgemäß einen höheren Schutz vor Einbruch bietet als im geöffneten Zustand. Durch den Zugriff auf das Fenster verfügt der Nutzer also über eine unmittelbare **Handlungsmöglichkeit**, die Sicherheitslage zu beeinflussen. Eine vergleichbare Argumentation lässt sich für den **Zustand der Türen** aufstellen.

Analog zu den Ausführungen des Abschnitts 4.3.7.4.1 auf Seite 126 (in Bezug auf die Behaglichkeitsbedürfnisse) wird hier ebenfalls davon ausgegangen, dass beim Individuum ein **mentaler Zustand** vorliegt, der die **Empfindung der Sicherheitssituation** repräsentiert („es ist sicher“, „es ist sehr sicher“). Diese Empfindung der Sicherheitslage wird dann durch das Individuum vor dem Hintergrund seines Sicherheitsbedürfnisses **bewertet** („es ist zu unsicher“, „es ist *ausreichend* sicher“).

4.3.8.5.2 Das Bedürfnis des Individuums nach Privatheit im Gebäude

[Foster & Oreszczyn 2001] haben in ihrer Untersuchung darauf hingewiesen, dass das Bedürfnis nach Privatheit eine mögliche Einflussgröße für die Verwendung des **Sonnenschutzes** sein könnte. Damit wird auf die Fähigkeit des Sonnenschutzes Bezug genommen, die Transparenz der Raumhülle zu reduzieren und somit den Raumnutzer vor Blicken aus dem Außenraum zu schützen. Dieser Zusammenhang wird jedoch erst dann wirksam, wenn die Fassade eine entsprechende **Transparenz** - z.B. durch große Fenster oder eine vollständige Verglasung - aufweist. Ist dies nicht der Fall, so dürfte die Sonnenschutznutzung auch nicht maßgeblich durch dieses Bedürfnis bestimmt sein.

Die Realitätserzählung nimmt indirekt Bezug auf einige Gebäudeeigenschaften, die zusätzlich relevant für das Bedürfnis nach Privatheit des Individuums sind. Die Beschreibung „Die Büroräume der Kollegen auf der anderen Seite sind allerdings nachmittags häufig verschattet: Hier wirft der gegenüberliegende Hauptriegel des TU-Gebäudes, der mindestens ein Geschoss höher ist, seinen Schatten auf unseren Nebenriegel“ beschreibt eine Situation, in der - bedingt durch den direkten Sichtkontakt zur gegenüberliegenden Fassade - die Privatheitsbedürfnisse des Individuums verletzt werden können. Daraus folgt, dass auch die **Geometrie und Form** des Gebäudes eine Rolle im Zusammenhang mit dem Bedürfnis nach Privatheit spielen. Da direkter Sichtkontakt jedoch auch mit der Umgebung des Gebäudes bestehen kann - beispielsweise mit gegenüberliegenden Gebäuden oder dem Straßenraum - ist zusätzlich die **regionale Einbindung** des Gebäudes, welche die Art und Ausprägung seiner Umgebung mitbestimmt, relevant. Beide Eigenschaften spielen jedoch nur bei einer entsprechenden **Lage des Raums** innerhalb des Gebäudes eine Rolle (z.B. Geschoss, Ausrichtung).

Die Ausführungen, die hier mit Bezug auf den Sonnenschutz der Außenhülle gemacht wurden, können analog auf **Türen** als Trennelemente zwischen Räumen angewandt werden. So kann das Bedürfnis nach Privatheit die Abgrenzung des eigenen Raums gegenüber anderen Räumen erfordern (z.B. Vermeiden von Blickkontakten und Schallübertragungen aus einem Besprechungsraum in angrenzende Flure). Hier spielt die **Lage der Räume** zueinander die entscheidende Rolle. Auch in diesem Kontext wird davon ausgegangen, dass die **Empfindung der Privatheit** als spezifischer mentaler Zustand vor dem Hintergrund des Bedürfnisses nach Privatheit individuell **bewertet** wird (siehe Abbildung 38, ohne Darstellung des Zustands von Fenster, Tür, Sonnenschutz). Durch den Zugriff auf das Fenster und den Sonnenschutz stehen dem Nutzer also auch in diesem Zusammenhang Möglichkeiten zur Verfügung, sein Bedürfnis durch **zielgerichtete Handlungen** zu befriedigen.

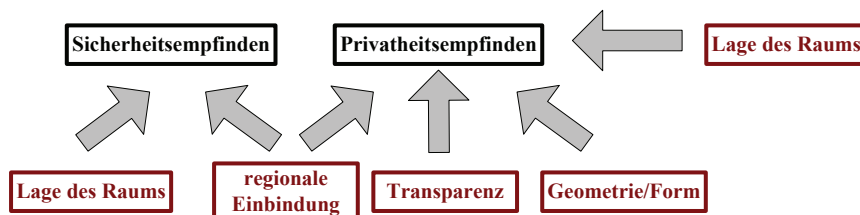


Abbildung 38

Grafische Darstellung der Einflussgrößen für das Sicherheits- und das Privatheitsempfinden (ohne Darstellung des Zustands von Fenster, Tür und Sonnenschutz).

4.3.8.6 Die einstellungsbedingten Präferenzen des Individuums mit Bezug auf die Nutzung regulativer Ausstattungselemente

Die Tagesablaufbeschreibung dokumentiert einige eindeutige Beispiele für individuelle Einstellungen und deren Auswirkungen auf die Nutzung der regulativen Ausstattungselemente. In Tabelle 28 sind zwei einschlägige Textbeispiele dazu aufgeführt.

Tabelle 28

Beispielhafte Textabschnitte zur Dokumentation der Einstellungen des Individuums.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Beispiele	„Meine Einstellung ist jedoch, dass ich solche Geräte nur verwende, wenn das Lüften über die unteren Fenster nicht möglich ist (wegen des Stromverbrauchs des Ventilators).“ „... da ich selber jedoch mittlerweile, was den Energieverbrauch angeht, ziemlich sensibel bin habe ich die Einstellung , zunächst Maßnahmen zu ergreifen, die keine Energie verbrauchen.“

Diese dort erwähnten Einstellungen führen dazu, dass **regulative Ausstattungselemente** ohne **Energieumsatz** bevorzugt und regulative Ausstattungselemente mit Energieumsatz weniger bevorzugt genutzt werden. Es liegt also offenbar die Einstellung vor, Energie möglichst einzusparen, was in der Konsequenz zu der **Präferenz** für die Nutzung von regulativen Ausstattungselementen mit wenig Energieumsatz führt. Der Verzicht auf die Nutzung eines Ausstattungselements mit Energieumsatz (z.B. des Ventilators, der Heizung) kann jedoch durchaus mit Nachteilen verbunden sein. Z.B. entsteht bei der Fensterlüftung anstelle der Verwendung eines Ventilators kein kontinuierlicher, kühlender Luftstrom. Zieht das Individuum wärmere Kleidung an, anstatt die Heizung aufzudrehen, so kann diese Maßnahme möglicherweise nicht ausreichen, um kalten Händen vorzubeugen. Liegt beim Individuum also die Einstellung vor, dass das eigene Behaglichkeitsempfinden höher zu bewerten ist als der Energieverbrauch, so kann dies dazu führen, dass das Individuum die Verwendung energieumsetzender, regulativer Ausstattungselemente präferiert, sofern sie einen Vorteil mit Bezug auf die Bedürfnisse des Individuums bieten. Diese Beispiele belegen den Einfluss, den individuelle Einstellungen mit Bezug auf die Eigenschaften regulativer Ausstattungselemente auf den Energiehaushalt des Gebäudes aufweisen können.

Bis auf die zuvor genannten Beispiele erwähnt die Realitätserzählung jedoch keine weiteren, konkreten Beispiele für Einstellungen und daraus folgende Präferenzen mit direktem Bezug auf die regulativen Ausstattungselemente. Dennoch erscheint die Annahme zunächst berechtigt, dass Individuen auch andersartige Präferenzen hinsichtlich der Nutzung der regulativen Ausstattungselemente entwickeln. Hier ist jedoch Vorsicht geboten: Verwendet ein Individuum z.B. lieber die Schreibtischbeleuchtung als die Deckenbeleuchtung, so kann dies möglicherweise daran liegen, dass das Individuum eine nicht weiter begründbare Präferenz für die Verwendung der Schreibtischbeleuchtung aufweist. Allerdings liegt die Vermutung näher, dass das Individuum die Schreibtischlampe vorzieht, weil diese besser handhabbar ist als die Deckenbeleuchtung (kürzerer Weg, geringerer Aufwand) und dabei den Arbeitsplatz gleichwertig beleuchtet. Verwendet das Individuum jedoch umgekehrt lieber die Deckenbeleuchtung als die Schreibtischbeleuchtung, liegt auch hier wieder die Vermutung nahe, dass dies begründet geschieht: So kann das Individuum es beispielsweise als vorteilhaft erachten, nicht nur einen Teil des Raums, sondern den gesamten Raum auszuleuchten und beim Verlassen des Arbeitsplatzes den Weg zur Tür nicht im Dunkeln zurücklegen zu müssen. Aspekte wie z.B. die **Handhabbarkeit** oder die Präferenz für die **Intensität der Umgebungsbedingungen** sind demzufolge besser in der Lage, die bevorzugte Nutzung eines Ausstattungselements zu erklären, als die Annahme einer nicht weiter begründeten Präferenz für das Ausstattungselement.

4.3.8.7 Die mittelbaren und unmittelbaren Erfahrungen des Individuums mit dem Gebäude

4.3.8.7.1 Die Vertrautheit des Individuums mit den Merkmalen des Gebäudes

Alle in diesem Abschnitt dargestellten Zusammenhänge basieren auf dem zuvor beschriebenen, quasi-realen Tagesablauf. Da dieser Tagesablauf die subjektive Sicht des Individuums repräsentiert, impliziert dies, dass

diese Zusammenhänge Teil der Erfahrungswelt des Individuums sind. Z.B. ist sich der Nutzer darüber im Klaren, wie groß die Abstände zwischen sich und dem Fenster sind, ob das Erreichen der Bedieneinheiten für ihn aufwendig oder einfach ist und welchen Weg er vom Haupteingang seines Gebäudes bis zu seinem Arbeitsplatz zurücklegen muss. Kann der Nutzer auf dieses Wissen zurückgreifen, so ist es für ihn nicht notwendig, Zusammenhänge jedes Mal aufs Neue zu erproben. Weiß der Nutzer z.B. aus Erfahrung, dass der eine Fensterflügel klemmt und es ihm große Mühe kostet, diesen zu öffnen, so wird er i.d.R. den anderen Flügel verwenden und nur vielleicht gelegentlich prüfen, ob der defekte Flügel immer noch klemmt. Durch Wissen werden Zusammenhänge also **prognostizierbar**, sodass z.B. Zustände, die den Bedürfnissen zuwiderlaufen, besser vermieden werden können.

Dies setzt allerdings voraus, dass sich der Nutzer in einer ihm **vertrauten** Umgebung befindet, deren Eigenheiten sowohl konstant sind als auch durch den Nutzer realistisch eingeschätzt werden können. Ist dies nicht der Fall, so muss der Nutzer diese Erfahrungen erst sammeln. Dies geschieht in den meisten Fällen durch Ausprobieren, z.B. durch Testen, wie eine ihm bisher unbekannte Bedieneinheit funktioniert. Ein typisches Beispiel für eine dem Nutzer nicht vertraute Umgebung ist der Aufenthalt in einem Hotel. Häufig muss der Nutzer hier erst ausprobieren wie z.B. die Lüftung, der Fernseher oder das Licht bedient werden. Auch die Frage, ob die Bedürfnisse nach Privatheit und Sicherheit in diesem Hotel befriedigt werden können, kann dann nicht auf der Basis von Erfahrung beantwortet werden. Z.B. wird er bei einem Hotelzimmer im Erdgeschoss in einer ihm unbekanntem Großstadt möglicherweise das Fenster über Nacht geschlossen haben wollen, da er die Sicherheitslage nicht einschätzen kann (kein eindeutiger mentaler Zustand hinsichtlich der Beschreibung „sicher“-„unsicher“), daher zu keiner verlässlichen Bewertung und Prognose kommt (z.B. „sicher genug“, „zu unsicher“) und im Zweifel kein Risiko eingehen möchte.

4.3.8.7.2 Die Erfahrungen des Individuums mit seinen mentalen Zuständen in Bezug auf Sicherheit und Privatheit

In Abschnitt 4.3.7.5.2 auf Seite 130 wurden die Erfahrungen des Individuums mit denjenigen spezifischen mentalen Zuständen dargestellt, die durch die Umgebungsbedingungen hervorgerufen werden. Es wurde dabei darauf hingewiesen, dass das Individuum seine konkreten Empfindungen einer Umgebungsgröße (z.B. Temperatur im Sommer oder im Winter) mit einer (internen) Norm vergleicht und darüber zu einem Urteil über diese Empfindung gelangt („wärmer als üblich“, „zu warm“ für einen Winter).

Eine ähnliche Überlegung gilt für das Sicherheits- und das Privatheitsempfinden eines Individuums. Beide Empfindungen werden vermutlich erst durch den Vergleich mit einer Norm bewertet. Diese Norm bildet sich durch Erfahrungen mit dem Sicherheits- und dem Privatheitsempfinden unter verschiedenen Bedingungen aus und stellt eine Art Gewöhnung dar. Ein Individuum, welches z.B. an eine Stadt mit hoher Kriminalitätsrate gewöhnt ist, wird seine Sicherheitsbedürfnisse in einer anderen Großstadt vermutlich nicht sehr schnell bedroht sehen. Ein Individuum hingegen, das aus einer ländlichen Gegend in eine Großstadt zieht, empfindet seine neue Sicherheitssituation vermutlich als bedrohlicher. Es ist zu erwarten, dass beide Individuen unter den objektiv gleichen Bedingungen unterschiedlich empfinden und zu unterschiedlichen Bewertungen gelangen.

4.3.8.8 Ontologische Darstellung der Bereiche „Gebäude“ und „Individuum“ in der Übersicht

Wie in den vorhergehenden ontologischen Darstellungen erfolgt zunächst eine Zusammenfassung der analysierten Interrelationen durch Rückgriff auf die verwendeten Überschriften und durch die Nennung der wesentlichen Stichworte:

- 1) Der Zusammenhang zwischen der physischen Aktivität des Individuums und der Gebäudetopologie
Bewegungen zwischen Gebäuden, zwischen Räumen, innerhalb eines Raums
- 2) Der Zusammenhang zwischen der Lokalisierung des Individuums und der Gebäudetopologie
potenzielle und wahrscheinliche Aufenthaltsorte

- 3) Der Zusammenhang zwischen den Kompetenzen des Individuums und den Eigenschaften der regulativen Ausstattungselemente
 - i) Der für die Bedienung der regulativen Ausstattungselemente erforderliche Aufwand
 - ii) Die Handhabbarkeit der regulativen Ausstattungselemente
objektiver Aufwand im Verhältnis zur motorischen Kompetenz
- 4) Der Zusammenhang zwischen dem mentalen Zustand des Individuums und den Eigenschaften des Gebäudes
- 5) Der Zusammenhang zwischen den Bedürfnissen des Individuums und den Eigenschaften des Gebäudes
 - i) Das Bedürfnis des Individuums nach Sicherheit im Gebäude
Einflussnahme durch Handlung: Zustandsänderungen der regulativen Ausstattungselemente
 - ii) Das Bedürfnis des Individuums nach Privatheit im Gebäude
Einflussnahme durch Handlung: Zustandsänderungen der regulativen Ausstattungselemente
- 6) Die einstellungsbedingten Präferenzen des Individuums mit Bezug auf die Nutzung regulativer Ausstattungselemente
Einsatz von Energie
- 7) Die mittelbaren und unmittelbaren Erfahrungen des Individuums mit dem Gebäude
 - i) Die Vertrautheit des Individuums mit den Merkmalen des Gebäudes
 - ii) Die Erfahrungen des Individuums mit seinen mentalen Zuständen in Bezug auf Sicherheit und Privatheit

Das mutmaßliche Realitätsbild der Bereiche „Gebäude“ und „Individuum“ wird ontologisch in Abbildung 39 dargestellt. Die Art der Codierung wurde dabei auch in diesem Fall nicht geändert: Einerseits stimmt die Farbcodierung mit der Codierung überein, die für die Taxonomisierung der Einzelbereiche verwendet wurde, andererseits wurden auch abgeleitete Begriffe wieder schwarz gefärbt. Offene Pfeile mit durchgezogener Linie markieren dabei Merkmalszugehörigkeit („Position“ ist ein Merkmal von „Bedieneinheit“), offene Pfeile mit gestrichelter Linie markieren Abhängigkeiten im Sinne von „verwendet ...“ („Transparenz“ verwendet „Zustand“) und geschlossene Pfeile zeigen Relationen im Sinne von „Typus von ...“ („physische Aktivität“ ist vom Typus „Aktivität“) an.

Die Grafik umfasst diejenigen Merkmale der Kategorialbereiche Gebäude und Individuum, die einen unmittelbaren Bezug zu den Merkmalen des jeweils anderen Kategorialbereichs aufweisen. Zusätzlich sind einige gebäude- und individuuminterne Interrelationen aufgeführt. Diese sind jedoch auf die notwendige Anzahl begrenzt und dienen dabei lediglich der Erleichterung der Einordnung der hier relevanten Merkmale. Dieses Vorgehen demonstriert jedoch, dass zwischen den einzelnen, in den verschiedenen Kapiteln aufgeführten taxonomischen und ontologischen Darstellungen zahlreiche Verbindungen bestehen. Die einzelnen Darstellungen sind also lediglich Auszüge einer Gesamt-Verknüpfungsmatrix, die jedoch in ihrer Gesamtheit aus Platzgründen nicht dargestellt werden kann.

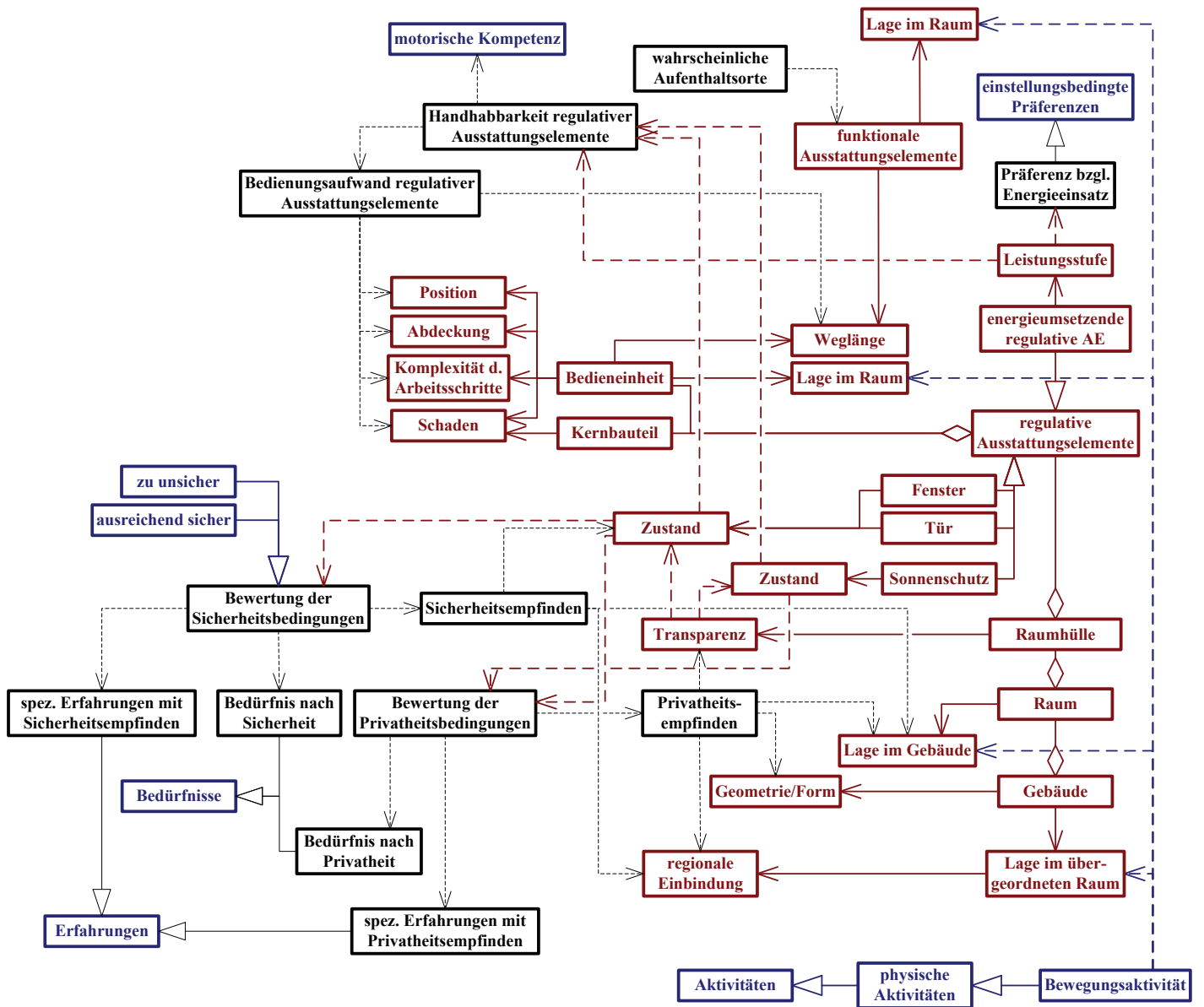


Abbildung 39
Ontologische Grundmatrix der Eigenschaften des Individuums und des Gebäudes und ihrer Interrelationen.

4.3.9 Interrelationen zwischen den Bereichen Individuum, Umgebungsbedingungen und Gebäude

Einige der bisher eingeführten Begriffe lassen sich durch den Blick auf die Interrelationen zwischen den drei Bereichen „Individuum“, „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ erweitern und präziser beschreiben. Diese Erweiterung wird in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt.

4.3.9.1 Unterscheidung zwischen anthropogenen und natürlichen Energie- und Materieemissionen

Offenbar kann anhand der Realitätserzählung zwischen anthropogenen und natürlich verursachten Energie- und Materieemissionen unterschieden werden. Emissionen wurden bisher insbesondere im Zusammenhang mit der regionalen Einbindung des Gebäudes (z.B. Verkehrslärm, siehe 4.3.5.2.1 auf Seite 97), der raumseitigen Hülle (z.B. Neugerüche von Fußbodenbelägen, siehe 4.3.5.5.4 auf Seite 103), den energieumsetzenden regulativen und den funktionalen Ausstattungselementen (z.B. Licht der Beleuchtung oder Wärme des Ofens, siehe 4.3.5.6.3 und 4.3.5.6.4 auf Seite 105) und dem Individuum (4.3.7.3.3 auf Seite 125) angeführt. All diese Emissionsquellen sind direkt oder indirekt menschlichen Ursprungs. Andere Quellen hingegen können als natürliche Quellen betrachtet werden: Die Sonne emittiert Strahlungsenergie, die Kombination aus Hoch- und Tiefdruckgebieten führt zu Luftbewegungen und aus Wolken fällt gelegentlich Niederschlag. Diese natürlichen Mechanismen werden umgangssprachlich unter dem Phänomen „Wetter“ und „Klima“ zusammengefasst, finden Eingang in den Alltag durch tägliche Wetterberichte, entziehen sich jedoch weitestgehend dem menschlichen Einfluss.

Inwiefern diese Differenzierung zwischen natürlichen und kulturellen Ursachen von Umgebungsbedingungen bedeutend für die Wahrnehmung und Bewertung durch das Individuum ist, lässt sich anhand der Realitätserzählung nicht gezielt aufzeigen. Es lässt sich allerdings darüber spekulieren, ob ein Individuum eher bereit ist, natürlich verursachte, aversive Umgebungsbedingungen zu tolerieren, als solche, die durch andere Menschen verursacht sind. Erstere wären dann „gegeben“ und dadurch unabänderlich und hinzunehmen (z.B. sehr kalte Winter), letztere wären jedoch - zumindest theoretisch - durch den Verursacher veränderbar (z.B. laute Gespräche auf der Straße durch Individuen oder laute Abrollgeräusche von Fahrzeugreifen aufgrund von mangelhaften Entwicklungen in der Reifenindustrie). In dieser Pauschalität lässt sich eine solche Hypothese jedoch im Moment nicht belegen. Dennoch hat diese Differenzierung eine sehr konkrete Auswirkung auf das Individuum und seine Aktivitäten, und zwar dann, wenn hinsichtlich der anthropogenen Ursachen im Weiteren zwischen dem Individuum selber und anderen Personen als Verursacher unterschieden wird. Entscheidend ist dabei, dass selbst verursachte Zustände eher durch das Individuum selber verändert werden können - wobei nicht alle eigenverursachten Beiträge willkürlich kontrolliert werden können, wie z.B. die Wärmeabgabe des Körpers. Fremdverursachte Zustände haben hingegen die Tendenz, durch das Individuum weniger gut beeinflusst werden zu können.

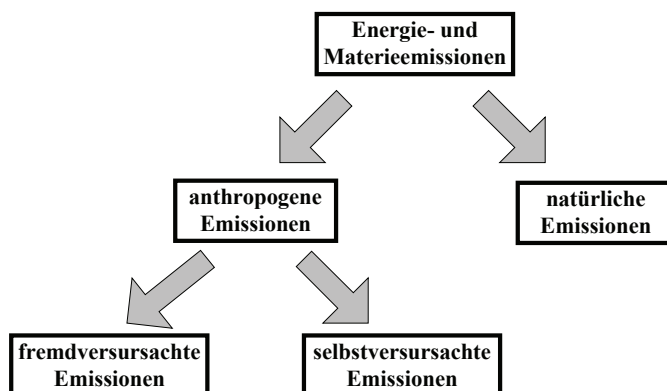


Abbildung 40

Grafische Darstellung der Aufteilung von Energie- und Materieemissionen in anthropogene und natürlich verursachte Emissionen.

4.3.9.2 Bedürfnisse des Individuums mit Bezug auf die Eigenschaften des Gebäudes und der Umgebungsbedingungen

Auch diejenigen Bedürfnisse des Individuums, die einen Bezug sowohl auf das Gebäude als auch auf die Umgebungsbedingungen aufweisen, entwickeln sich auf der Basis bewerteter, mentaler Zustände. Die Ausführungen der vorangegangenen Abschnitte bezüglich des Zusammenhangs zwischen mentalen Zuständen und Bedürfnissen gelten daher analog für die kommenden Unterabschnitte.

4.3.9.2.1 Das Bedürfnis nach gezielter Durchführung einer Aktivität

In den zurückliegenden Abschnitten wurden an unterschiedlichen Stellen Grenzwerte für die Intensitäten der Umgebungsbedingungen aufgezeigt. So wurden in der Summe die Begriffe „**mindestens erforderliche Intensität**“ (die sich aus der sensorischen Kompetenz des Individuums ergab, Abschnitt 4.3.7.2 auf Seite 124), „**gewünschte Intensität**“ (die sich aus dem Behaglichkeitsbedürfnis des Individuums ergab, Abschnitt 4.3.7.4.6 auf Seite 128) und „**maximal zulässige Intensität**“ (die sich aus den spezifischen funktionalen Leistungsmerkmalen und der spezifischen Schadenanfälligkeit der Ausstattungselemente ergab, Abschnitt 4.3.5.4.4 auf Seite 101 und 4.3.5.6.6 auf Seite 106) eingeführt.

Auf der Basis der Interrelationen zwischen Individuum, Umgebungsbedingungen und Gebäude lassen sich nun zusätzliche Grenzwerte definieren. Bereits im Abschnitt „Individuum“ wurde dargestellt, dass mentale Aktivitäten i.d.R. die Aufnahme von Informationen aus der Umwelt über die Sinnesorgane erfordern, um diese zu verarbeiten (Abschnitt 4.3.6.5 auf Seite 113 über die Kompetenzen des Individuums). Entsprechend werden z.B. auditive Aktivitäten („zuhören“) durch Schall, olfaktorische Aktivitäten („riechen“) durch bestimmte chemische Substanzen und visuelle Aktivitäten („anschauen“) durch Licht beeinflusst. Die **Art der mentalen Aktivität** des Individuums („hören“, „riechen“, „schauen“) und das dabei verwendete **Ausstattungselement** (z.B. Lesen eines Buchs) bestimmen also, welche **Art der Umgebungsbedingung** (im Beispiel: Licht, nicht Schall) mit welcher **Intensität** (im Beispiel: erforderliche Helligkeit) vorliegen muss, damit diese Aktivität durchgeführt werden kann.

Die Intensität der Umgebungsbedingungen kann dabei allerdings nicht nur zu niedrig, sondern auch zu hoch sein. So kann die Intensität des Lichts, um beim Beispiel des Lesens zu bleiben, zu hoch sein und damit durch Blendung die Ausführung der Aktivität behindern. Außerdem können erhöhte Schallpegel die Konzentration stören und somit ebenfalls die Ausführung der Aktivität erschweren. Daher kann nicht von einer für die Aktivität erforderlichen *Mindestintensität*, sondern es muss von einem „**erforderlichen Intensitätsbereich**“ gesprochen werden. Dieser ergibt sich aus der gemeinsamen Betrachtung der Eigenschaften sowohl des Individuums, der Umgebungsbedingungen als auch derjenigen funktionalen Ausstattungselemente, die im Rahmen der individuellen Aktivitäten des Individuums verwendet werden. Im Gegensatz zur „**gewünschten Intensität**“, die sich aus den Behaglichkeitsbedürfnissen ableiten lässt und keinen unmittelbaren Bezug zur Aktivität des Individuums aufweist, ist der „**erforderliche Intensitätsbereich**“ aktivitätsspezifisch und leitet sich aus dem Bedürfnis ab, einer bestimmten Aktivität nachzugehen (z.B. Freizeitaktivität, Arbeitsaufgabe).

4.3.9.2.2 Einschub: Dimensionale Betrachtung von „Funktionalität“

Diese Differenzierung hat Folgen für die theoretische Betrachtung von Ausstattungselementen, die nachfolgend erläutert werden sollen. Bisher wurde zwischen funktionalen und regulativen Ausstattungselementen unterschieden (siehe Abschnitt 4.3.4.5 auf Seite 86) und dabei „Regulation“ (der Umgebungsbedingungen im Innenraum) als Dimension zwischen den Polen „akzidentell“ und „intendiert“ eingeführt (in Abschnitt 4.3.5.4.2 auf Seite 100 und Abschnitt 4.3.5.6.3 auf Seite 105 für regulative Ausstattungselemente und in Abschnitt 4.3.5.6.4 auf Seite 105 auf funktionale Ausstattungselemente erweitert). Um energie- und/oder materieemittierende von emissionsfreien funktionalen Ausstattungselemente abzugrenzen, wurde zusätzlich - in Abschnitt 4.3.5.6.5 auf Seite 106 - der Begriff „Relevanz“ (für die Umgebungsbedingungen im Innenraum) als weitere Beschreibungsdimension mit den Polen „mittelbar“ und „unmittelbar“ verwendet. Somit wurde verdeutlicht, dass funktionale Ausstattungselemente über eine akzidentell-regulative Wirkung mit entweder mittelbarer

oder unmittelbarer Relevanz für die Umgebungsbedingungen im Innenraum verfügen. Durch die obigen Ausführungen zum erforderlichen Intensitätsbereich der Umgebungsbedingungen für die Aktivitäten des Individuums zeigt sich jedoch nun, dass regulative Ausstattungselemente ebenfalls eine *funktionale* Aufgabe erfüllen können, da sie die Durchführung einer Aktivität behindern oder begünstigen können. Um dem gerecht zu werden, wird der Begriff „Funktionalität“ ebenfalls als Dimension verstanden und somit um die Pole „**supplementär**“ und „**essenziell**“ erweitert. Die bisher als funktional beschriebenen Ausstattungselemente sind somit also als essenziell-funktional zu beschreiben, während die regulativen Ausstattungselemente eine supplementär-funktionale Aufgabe erfüllen können (da sie ein Mittel darstellen, die Innenraum-Umgebungsbedingungen *aktivitätsgerecht* zu regulieren).

Mit diesem Schritt sind alle relevanten Dimensionen zur Einordnung von Ausstattungselementen eingeführt. Wie ein konkretes Ausstattungselement im konkreten Fall jedoch klassifiziert werden kann, hängt davon ab, zu was für einem überindividuellen Nutzungssystem es zählt. So kann eine Kühlanlage für ein Büro ein regulatives Ausstattungselement mit unmittelbarer Relevanz für die Innenraum-Umgebungsbedingungen darstellen. Für ein Lebensmittel-Kühlager stellt es hingegen ein essenziell-funktionales Ausstattungselement dar. Aufgrund des Bezuges zu überindividuellen Nutzungssystemen wird diese Frage der Zuordnung von Ausstattungselementen zu den verschiedenen Dimensionen erst in Abschnitt 4.3.12.2.2 auf Seite 183 behandelt. Zusätzlich werden dort die Klassifizierungsdimensionen von Ausstattungselementen anhand von Beispielen und einer grafischen Darstellung noch einmal verdeutlicht.

4.3.9.2.3 Das Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente

Aus diesem Bedürfnis, einer Arbeits- oder Freizeitbeschäftigung nachzugehen, kann - quasi als Mittel zum Zweck - das **Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität** der dafür verwendeten funktionalen Ausstattungselemente entstehen. Besteht z.B. die Absicht, einen Text am Computer zu verfassen, so wird es als störend empfunden, wenn dieser Text auf dem Monitor aufgrund von Überblendungen durch Sonnenstrahlen nicht mehr zu lesen ist („... *da es ansonsten auf der spiegelnden Monitoroberfläche zu hell wäre und ich meine Arbeit sonst nicht fortsetzen könnte* ...“). Werden Unterlagen am Schreibtisch benötigt, so wird es ebenso als störend empfunden, wenn ein Luftzug diese Unterlagen vom Tisch weht. Auch hier ist also jeweils der Bezug zur Intensität der Umgebungsbedingungen und zum Gebäude erforderlich (siehe 4.3.5.6.6 auf Seite 106).

4.3.9.2.4 Das Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes und seiner Bestandteile

Der Nutzer des Gebäudes hat i.d.R. ein Interesse an dem Erhalt der Integrität des Gebäudes und seiner Bestandteile. Dies bedeutet, dass er diejenigen Einflüsse vom Gebäude fernhalten möchte, die zu einer dauerhaften Beeinträchtigung, einem Schaden oder der Zerstörung führen könnten. In Übereinstimmung mit den bisherigen Ausführungen zu den individuellen Bedürfnissen wird auch in diesem Fall davon ausgegangen, dass ein mentaler Zustand beim Individuum vorliegt, welcher das **Empfinden der Integritätsbedrohung** widerspiegelt.

Aussagen in der Erzählung des Tagesablaufs wie „*Das geht allerdings nur, da ich einigermaßen sicher sein kann, dass ... es während meiner Abwesenheit nicht durch das Fenster in den Raum regnet.*“ oder „*Immerhin ist das oberste Fenster durch einen Mauervorsprung einigermaßen vor Regen geschützt.*“ geben ein Beispiel dafür. Hier sollen offenbar die raumseitigen Oberflächen der Raumhülle (z.B. das Parkett) bzw. das Rauminnere (funktionale Ausstattungselemente wie z.B. der Computer) vor dem schädigenden Einfluss des Regens geschützt werden. Darüber hinaus kann die Integrität regulativer Ausstattungselemente bedroht sein. Hierzu zählt beispielsweise der Sonnenschutz („*Lediglich am Ende des Tages ziehe ich den Sonnenschutz definitiv hoch. Das liegt ganz einfach daran, dass er sehr windempfindlich ist und ich keinen Schaden riskieren möchte* ...“) oder der weit geöffnete Fensterflügel (aufgrund hoher Windgeschwindigkeiten). An diesen Beispielen lässt sich erkennen, dass das **Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit** als Eigenschaft des Individuums stets den Bezug zum Gebäude, speziell zu der spezifischen Schadenanfälligkeit seiner Elemente (vgl. die Abschnitte 4.3.5.4.4 auf Seite 101, 4.3.5.5.1 auf Seite 102 und 4.3.5.6.2 auf Seite 104) und zur Intensität der Umgebungsbedingungen (z.B. Regen, Wind) erfordert.

Dieses Bedürfnis wird von dem Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität dadurch unterschieden, dass die Funktionalität - sobald sie einmal verloren ist - durch einfache Maßnahmen wiederherzustellen ist. Ein Computermonitor also, der durch eindringenden Regen nass geworden und einen Kurzschluss bekommen hat, ist unbrauchbar geworden und muss repariert oder ersetzt werden. Ein Computermonitor hingegen, der lediglich durch Überblendungen seine Funktionalität eingebüßt hat, kann diese leicht zurückerhalten (z.B. durch Drehen des Monitors oder durch Wegdrehen der Schreibtischleuchte).

4.3.9.2.5 Vorläufige Übersicht über den Zusammenhang zwischen den individuellen Bedürfnissen und den Innenraum-Umgebungsbedingungen

Nachfolgend wird in Abbildung 41 vereinfachend der Zusammenhang zwischen den individuellen Bedürfnissen und den verschiedenen Intensitätsgrenzwerten der Innenraum-Umgebungsbedingungen dargestellt. Die lokale Intensität der Umgebungsbedingungen steht dabei in einem direkten Zusammenhang mit den aufgeführten Bedürfnissen (und der sensorischen Kompetenz), da sie eine maßgebliche Rolle für die Befriedigung der Bedürfnisse einnimmt. Aus der Art der Bedürfnisse leiten sich dabei die bedürfnisspezifischen Grenzwerte für die Umgebungsbedingungen ab. **Zielgerichtete Interaktionshandlungen** mit dem Gebäude (wie z.B. das Öffnen des Fensters) können dafür sorgen, dass sich die Intensität der lokalen Umgebungsbedingungen im Bereich der angestrebten Intensitätsgrenzen bewegt. Diese Interaktionshandlungen mit dem Gebäude können jedoch auch die Bedürfnisse betreffen, die in den Abschnitten über die Interrelationen zwischen dem Individuum und dem Gebäude identifiziert wurden, d.h. die Bedürfnisse nach **Sicherheit** und **Privatheit**. Das spezifische Behaglichkeitsbedürfnis kann außerdem befriedigt werden, indem die **Aktivität** reguliert oder die Eigenschaften der **Bekleidung** angepasst werden. Letzteres betrifft jedoch gleichzeitig das persönliche Bedürfnis nach **angemessener Bekleidung**. Durch diese vorläufige zusammenfassende Betrachtung ergibt sich also ein sehr komplexes Bild verschiedenster Bedürfnisse, die zwar jeweils durch einzelne Interaktionshandlungen befriedigt werden können, deren Resultate jedoch gleichzeitig Auswirkungen auf die Befriedigungslage eines ganzen Fächers von Bedürfnissen aufweisen können. Aufgrund dieser Komplexität und da Handlungen dieser Art eine zentrale Stellung innerhalb des hier bearbeiteten Problemfelds einnehmen, werden die entsprechenden Handlungstypen und -prozesse in eigenständigen Abschnitten (4.3.10 auf Seite 154 und 4.3.11 auf Seite 167) ausführlich besprochen.

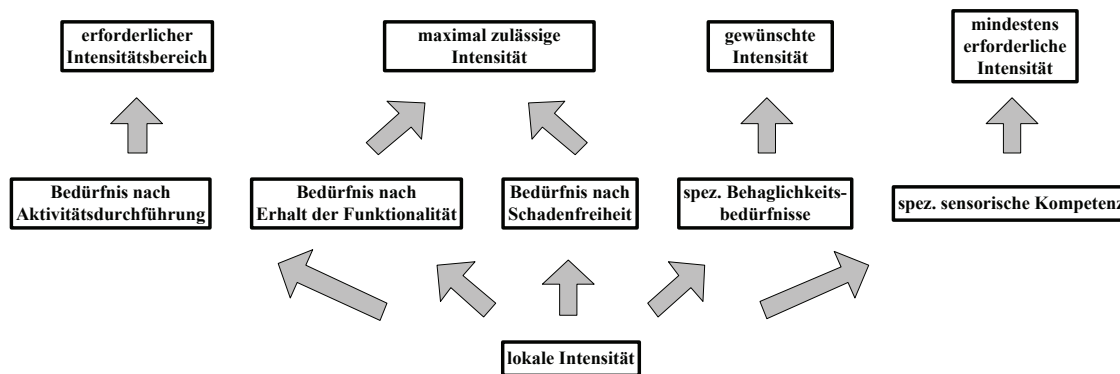


Abbildung 41 Grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Bedürfnissen und den Grenzwerten der lokalen Umgebungsbedingungen. Das Bestreben, die lokalen Umgebungsbedingungen innerhalb bedürfnisspezifischer Grenzwerte zu halten, führt zu entsprechenden, zielgerichteten Handlungen.

4.3.9.2.6 Das Bedürfnis nach Handlungseffizienz

Die im Kontext dieser Arbeit wohl wichtigste Interrelation zwischen den drei Kategorialbereichen (Umgebungsbedingungen, Gebäude und Individuum) besteht in den Möglichkeiten des Individuums, die Auswirkung der Innenraum-Umgebungsbedingungen auf sich und seine Aktivität durch zielgerichtete Manipulationen seiner Umgebung zu beeinflussen. Diese Interrelationskette setzt sich dabei aus zwei Komponenten zusammen: Die erste Komponente besteht aus den Interrelationen zwischen den Umgebungsbedingungen und dem Gebäude und beschreibt dabei insbesondere die Emissionen und Übertragungsquantitäten

täten, die sich aus dem Zustand der regulativen und funktionalen Ausstattungselemente ergeben. Die zweite Komponente besteht hingegen aus den Interrelationen zwischen Individuum und Gebäude. Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt angedeutet, beinhaltet dies insbesondere die Möglichkeiten des Individuums, genau diese Zustände der Ausstattungselemente seinen Wünschen entsprechend zu verändern.

Die Vorstellung verschiedener Handlungsoptionen, die sich dem Individuum durch die mögliche Verwendung unterschiedlicher Gegenstände für das Handeln anbieten, legt dabei den Gedanken nahe, dass sich ein Individuum im Zweifel für diejenige Handlungsoption entscheidet, die ihm am effizientesten erscheint. Die Realitätserzählung zeigt in diesem Zusammenhang, dass bei der Bewertung einer Handlungsoption unter dem Aspekt der Effizienz eine Vielfalt von Kriterien eine Rolle spielt. Tabelle 29 führt einige Beispiele aus der Tagesablaufbeschreibung auf. In den nun folgenden Unterabschnitten werden entsprechende Kategorien aus den bisher erarbeiteten Eigenschaften der Kategorialbereiche abgeleitet und dargestellt.

Tabelle 29
Beispielhafte Textabschnitte mit Bezug zur Effizienz von Handlungen.

Merkmal	Beispielhafter Textauschnitt
Handlungseffizienz	„... das Fenster (es ist dreiteilig und im Winter öffne ich üblicherweise nur den untersten Teil, da es ansonsten schlagartig kalt wird im Raum) ...“ „... die Tischleuchte zu benutzen wenn ich mehr Licht benötige. Erstens wird dadurch ein für mich ausreichender Bereich belichtet und ...“ „... kann nur das oberste Fenster öffnen ... Aber der Effekt ist unbefriedigend , da ich natürlich wenig von dem Windzug mitbekomme. „ „... Luft zuzuwedeln oder das T-Shirt zu lüften. Das Problem dabei ist halt, dass der Effekt nur so lange anhält, wie ich das Wedeln fortführe, also eigentlich empfinde ich diese Handlung als eher ineffektiv . „... die Möglichkeit, einen heißen Tee oder Kaffee zu trinken. Der Effekt ist jedoch nur sehr kurz andauernd , ... keine vollwertige Maßnahme, um mich zu wärmen.“ „Eine bessere - weil effektivere ... Alternative ist die Verwendung eines Ventilators ...“ „... dass die Wohnung durch die Heizung blitzschnell warm wird .“ „Da ich das Fenster noch geöffnet habe, ist es auch entsprechend laut in meinem Arbeitszimmer.“

4.3.9.2.6.A Der Einfluss der „Anpassbarkeit“

Es zeigt sich, dass bestimmte Eigenschaften des Gebäudes die Effektivität von Handlungen mit beeinflussen, indem sie den möglichen Handlungen physische Grenzen setzen. Dazu zählt die für regulative Ausstattungselemente definierte **Einstellbarkeit** und **Variierbarkeit** (siehe Tabelle 13 auf Seite 88). Je größer die Anzahl unterschiedlicher Zustände ist, in die ein regulatives Ausstattungselement gebracht werden kann, um so situationsgerechter lässt sich der Zustand an die Bedürfnisse **anpassen**: Fenster, die sich kippen und weit öffnen lassen, sind effektiver als Fenster, die sich ausschließlich weit öffnen lassen, ein Lamellensonnenschutz, dessen Lamellen sich durch Drehen an den Sonnenstand anpassen lassen, ist effektiver als ein flächiger Behang (Screen), der sich lediglich hoch und runter ziehen lässt. Der Begriff der „**Anpassung**“ bezieht sich dabei auf das momentane **Handlungsziel** des Individuums. Kann das Ziel durch mangelnde Anpassbarkeit der regulativen Ausstattungselemente nur näherungsweise erreicht werden, so fehlt es der Handlung an Effektivität.

4.3.9.2.6.B Der Einfluss der „Handhabbarkeit“

In den vorangegangenen Abschnitten wurde der Begriff der **Handhabbarkeit** in Bezug auf den Wechsel der Bekleidung (Abschnitt 4.3.6.11.1 auf Seite 116) und auf den Umgang mit regulativen Ausstattungselementen (Abschnitt 4.3.8.3.2 auf Seite 135) beschrieben. Handlungen des Individuums, wie z.B. „den Pullover ausziehen“, „das Fenster öffnen“ oder „die Heizung aufdrehen“, erfordern also einen physischen Aufwand, der, gemeinsam mit der Berücksichtigung der individuellen motorischen Kompetenz, die Handhabbarkeit definiert. Es liegt nahe, dass mit einer verbesserten Handhabbarkeit eine höhere Handlungseffizienz einhergeht.

4.3.9.2.6.C Der Einfluss auf die „lokale Intensität“

Unter der Voraussetzung, dass eine Handlung die **Änderung lokaler Umgebungsbedingungen** hervorrufen soll, ist eine solche Handlung nur dann wirksam, wenn sich die Folgen auch an dem gewünschten Ort einstellen. Öffnet ein Individuum also das Fenster, um in den Genuss eines kühlenden Luftstroms zu kommen, dann ist das nur dann eine zielführende Handlung, wenn sich dieser Luftstrom auch an der Position des Individuums einstellt. Befindet sich das Individuum abseits des sich einstellenden Lüftungsstroms, so wäre die Verwendung eines (entsprechend eingestellten) Tischventilators z.B. sinnvoller. Auch das Schließen des Sonnenschutzes ist dann am sinnvollsten, wenn dadurch die Strahlung genau am Aufenthaltsort des Individuums reduziert wird.

Dieser Zusammenhang lässt sich durch die **relative Position** des regulativen Ausstattungselements (im Beispielfall das Fenster/ der Sonnenschutz) in Bezug zum Individuum darstellen (siehe Abschnitt 4.3.4.7 auf Seite 87). Die Position des Individuums wird dabei über den **wahrscheinlichen Aufenthaltsort** bestimmt: In Abschnitt 4.3.8.2 auf Seite 134 wurde bereits dargestellt, dass die Anordnung typischer funktionaler Ausstattungselemente einen wertvollen Hinweis auf den wahrscheinlichen Aufenthaltsort des Individuums gibt, da sich das Individuum zur Nutzung dieser funktionalen Ausstattungselemente i.d.R. an dessen Standort begeben muss. So ist der Standort des Schreibtisches ein wahrscheinlicher Aufenthaltsort für ein Individuum in einem Büro. Durch den Vergleich dieser relativen Position mit der **Ausbreitung der Emissionen bzw. Transmissionen** des Ausstattungselements (im Beispielfall also die Transmission der Luft/ der Sonnenstrahlung in den Raum und deren Ausbreitung innerhalb des Raums) lässt sich dann die lokale Intensität der Umgebungsbedingungen bestimmen. Der Begriff der „lokalen Intensitäten“ wurde bereits in Abschnitt 4.3.5.1.2 auf Seite 96 definiert (z.B. in Bezug auf die lokalen Eigenschaften der Raumtemperatur) und insbesondere für die Prüfung verwendet, ob funktionale Ausstattungselemente so positioniert sind, dass sie im Bereich ungünstiger, lokaler Umgebungsbedingungen liegen (Schadenanfälligkeit in Abschnitt 4.3.5.6.2 auf Seite 104 und Funktionalität in Abschnitt 4.3.5.6.6 auf Seite 106). Führt die Handlung, die das Ziel verfolgt, die Umgebungsbedingungen im Innenraum zielgerichtet zu verändern (z.B. das Fenster öffnen), also nicht zu einer Veränderung (Verbesserung) im Aufenthaltsbereich des Individuums, so handelt es sich - gemessen an den Zielen des Individuums - um eine ineffektive Handlung (unabhängig davon, ob sich das Individuum vor Umgebungsbedingungen von außen schützen möchte oder ob das Individuum Umgebungsbedingungen von außen in den Raum eindringen lassen möchte). Bei einer höheren **Anzahl räumlich verteilter Elemente** vergrößern sich die Möglichkeiten für das Individuum, sich im Ausbreitungsbereich wenigstens eines dieser Elemente aufzuhalten.

4.3.9.2.6.D Der Einfluss von Effektgröße, Effektdauer und Eintretensgeschwindigkeit der Handlungsfolgen

Nicht nur der Ort, an dem sich die Umgebungsbedingungen ändern, sondern auch die **Größe** des erreichten bzw. erreichbaren **Effekts** spielt bei der Beurteilung der Effizienz der Handlung eine bedeutende Rolle. In den Abschnitten 4.3.5.3.2 auf Seite 99 und 4.3.5.4.3 auf Seite 101 wurde z.B. bereits die **Übertragungsquantität** der Gebäudehülle und ihrer Ausstattungselemente, in Abschnitt 4.3.7.1.2 auf Seite 124 die **Durchlassquantität** der Bekleidung und an verschiedenen anderen Stellen die Größe der energetischen und materiellen Emissionen beschrieben. Dabei steigt die Effizienz der Handlung zur Optimierung der Rahmenbedingungen nicht automatisch proportional zur Effektgröße, da auch ein zu großer Effekt nachteilig sein kann (z.B. kann dem Individuum auch zu kalt werden nachdem es den Pullover ausgezogen hat, da ihm ursprünglich zu warm war).

Darüber hinaus kann vermutet werden, dass die **Dauer** des Effekts, der mit der Handlung (die der Befriedigung der individuellen Bedürfnisse dient) bewirkt wird, in die Effizienzbewertung mit eingeht. Beschreibungen aus dem Tagesablauf wie „... erleichternd, mir selber Luft zuzuwedeln oder das T-Shirt zu lüften. Das Problem dabei ist halt, dass der Effekt nur so lange anhält, wie ich das Wedeln fortführe, also eigentlich empfinde ich diese Handlung als eher ineffektiv.“ oder „... Kaffee zu trinken. Der Effekt ist jedoch nur sehr kurz andauernd ...“ bestätigen diese Einschätzung. Dies steht in einem engen Zusammenhang mit den bereits dargestellten, **charakteristischen Abläufen der Intensitäten** von Umgebungsbedingungen (siehe Ab-

schnitt 4.3.3.2 auf Seite 78). Sind die aufgrund dieser Handlung bewirkten positiven Veränderungen über einen längeren Zeitraum konstant, so ist die Handlung vermutlich als effizient zu betrachten (z.B. Schließen des Fensters, um den Außenlärm abzuhalten). Sind sie stattdessen kurzfristig (z.B. lüften des Hemds, kalte Getränke) oder womöglich sogar zufällig, so sind die Handlungen wenig bis gar nicht effizient.

Darüber hinaus wird offenbar beurteilt, innerhalb welchen **Zeithorizonts** sich die Folgen der Handlung einstellen. Schnelle Erfolge werden dabei vermutlich als effizienter eingestuft als Erfolge, die sich erst nach einer längeren Zeit einstellen (sodass man sich zunächst einen Pullover überzieht, um die Zeit zu überbrücken, welche die Heizung benötigt, um den Raum zu wärmen). Auch auf diesen Aspekt lassen sich Hinweise in der Realitäts-erzählung auffinden („... *schließe den Sonnenschutz, damit möglichst schnell erträgliche Bedingungen entstehen ...*“, „... *dass die Wohnung durch die Heizung blitzschnell warm wird.*“).

4.3.9.2.6.E Der Einfluss der „Übertragungs- und Emissionsfächer“

Die Ausführungen zu den Übertragungseigenschaften der regulativen Ausstattungselemente der Hülle (Abschnitt 4.3.5.4.1 auf Seite 100) und zu den Emissionseigenschaften der regulativen Ausstattungselemente (Abschnitt 4.3.5.6.3 auf Seite 105) haben gezeigt, dass die Verwendung dieser Elemente nicht nur zur Veränderung einer einzigen, sondern zur Veränderung mehrerer verschiedener Umgebungsbedingungen führen kann. Heizungen emittieren beispielsweise Wärme und erfüllen damit ihren Zweck. Künstliche Beleuchtungen emittieren jedoch zusätzlich zum erwünschten Licht ebenfalls Wärme, Ventilatoren und Lüftungsanlagen neben Luftströmungen auch Geräusche. Sowohl die Art und der Umfang des **Emissionsfächers** als auch die Art und der Umfang des **Wirkungsfächers** werden durch den Nutzer vermutlich auch unter dem Gesichtspunkt der Effizienz bewertet. Je mehr störende „Nebeneffekte“ bei einer Handlung auftreten, umso ineffizienter ist die Verwendung des speziellen Elements.

4.3.9.2.6.F Der Einfluss auf die sensorischen und motorischen Kompetenzen

In Abschnitt 4.3.6.11.2 auf Seite 116 wurde der Einfluss der Bekleidung auf die **sensorischen** und die **motorischen Kompetenzen** dargestellt. Bei Handlungen, welche die Veränderung der Bekleidung beinhalten, muss also abgewogen werden, ob die potenzielle Verringerung der sensorischen und motorischen Kompetenzen verhältnismäßig ist. Diese Abwägung kann nur vor dem Hintergrund der derzeitigen Aktivität vorgenommen werden. So ist während des Fahrradfahrens das Tragen von Handschuhen i.d.R. mit akzeptablen motorischen Einschränkungen verbunden (das Individuum kann immer noch lenken und schalten). Während des Tippens auf der Tastatur des Computers sind die motorischen und sensorischen Ansprüche jedoch so hoch, dass die Einschränkungen durch Tragen von Handschuhen nicht akzeptabel sind.

4.3.9.2.6.G Der Einfluss von Eintrittsrisiko und Korrigierbarkeit einer Fehlentwicklung

Um zielgerichtet handeln zu können, ist stets eine **Abschätzung** zukünftiger Zustände erforderlich. Diese Zustände treten also nur mit einer bestimmten **Wahrscheinlichkeit** ein. Daraus folgt, dass jede Handlung auch ein potenzielles Risiko birgt, nicht zu dem gewünschten Erfolg zu führen. Dies hängt eng mit der bereits angesprochenen Effektgröße zusammen, da insbesondere Abweichungen von der angestrebten Effektgröße einen Misserfolg der Handlung darstellen können. Entscheidet sich der Nutzer beispielsweise, den Sonnenschutz während seiner Mittagspause nicht zu schließen, da er vermutet, dass die Temperaturen durch die Sonneneinstrahlung nicht ansteigen werden, so besteht das Risiko einer Fehlentwicklung offensichtlich darin, dass sich die Temperaturen eben doch erhöhen.

Fehlentwicklungen sind häufig korrigierbar, jedoch ist hierfür ein Aufwand erforderlich. Täuscht sich der Nutzer und schließt den Sonnenschutz zu weit (es wird zu dunkel), so ist dieser Fehler mit geringem Aufwand ausgleichbar (er öffnet ihn wieder ein Stück weit). Lässt er jedoch das Fenster über Nacht offen stehen und ist morgens mit einem ausgekühlten Raum konfrontiert, so ist diese Fehlentwicklung wesentlich weniger einfach zu korrigieren (bis z.B. die Heizung den Raum wieder aufgewärmt hat dauert es einige Zeit).

Der soeben benannte Aufwand kann auch als **Kosten potenzieller Fehlentscheidungen** betrachtet werden. Öffnet das Individuum beispielsweise das Fenster, da ihm aktuell zu warm ist, stellt dann jedoch fest, dass diese Handlung kontraproduktiv war, da es draußen wärmer ist als im Innenraum, so hat diese Fehlentscheidung keine größeren Konsequenzen (das Fenster wird vermutlich unmittelbar wieder geschlossen). Öffnet das Individuum jedoch das Fenster, obwohl es draußen regnet und dadurch Niederschlag in den Raum eindringt, so sind die Kosten dieser Entscheidung erheblicher: Entsteht dadurch ein Wasserschaden am Fußbodenbelag, so ist diese Folge nur mit größerem Aufwand wieder zu beheben.

Je höher also das Risiko einer Fehlentwicklung und je schwieriger die Korrigierbarkeit dieser Fehlentwicklung ist, umso geringer ist die Effizienz der Eingriffshandlung, die dieses Risiko zur Folge hat. Bei effizienten Handlungen zur Optimierung der Rahmenbedingungen ist der Effekt mit hoher Genauigkeit vorhersagbar und die Möglichkeiten zur Korrektur von Fehlentwicklungen groß.

Die Einflüsse auf das Bedürfnis nach Handlungseffizienz sind in der Abbildung 42 noch einmal zusammengefasst dargestellt.

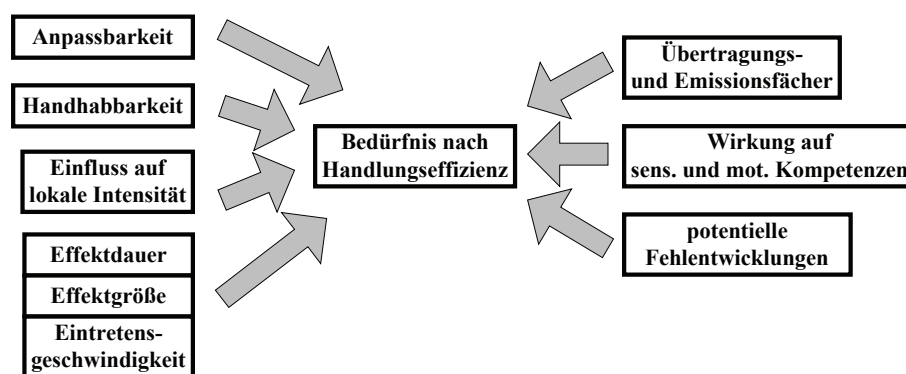


Abbildung 42

Übersicht über die Einflussgrößen des Bedürfnisses nach Handlungseffizienz.

4.3.9.3 Vollständige Präferenz-Rangfolge der Bedürfnisse

In Abschnitt 4.3.7.4 auf Seite 126 wurde das Bedürfnis nach **behaglichen Umgebungsbedingungen** beschrieben und in Abschnitt 4.3.7.4.6 auf Seite 128 eine Präferenz-Rangfolge der spezifischen Behaglichkeitsbedürfnisse mit Bezug auf die verschiedenen Arten der Umgebungsbedingungen eingeführt. Das Bedürfnis nach **Sicherheit im Gebäude** und nach **Privatheit im Gebäude** wurde zusätzlich im Abschnitt 4.3.8.5 auf Seite 136 im Zusammenhang mit gebäudespezifischen Bedürfnissen definiert. In diesem Abschnitt wurden nun zusätzlich das Bedürfnis nach **gezielter Durchführung einer Aktivität**, die zugeordneten Bedürfnisse nach **Schadenfreiheit** und **Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente** und das Bedürfnis nach **Handlungseffizienz** eingeführt. Hinzu kommen die unter 4.3.6.7 auf Seite 113 beschriebenen, auf die Eigenschaften des Individuums bezogenen Bedürfnisse wie z.B. das der **Nahrungsaufnahme**. Da Bedürfnisse häufig zeitgleich vorliegen, deren Befriedigung jedoch nicht immer parallel möglich ist, müssen diese verschiedenen Bedürfnisse häufig gegeneinander abgewogen werden.

Äquivalent zu den Ausführungen in Abschnitt 4.3.7.4.6 auf Seite 128 (mit Bezug auf die Präferenz-Rangfolge der spezifischen Behaglichkeitsbedürfnisse) stehen diese verschiedenen Bedürfnisse also ebenfalls in einer Art (zeitlich variierender) Konkurrenzsituation zueinander, da offenbar Situationen auftreten können, in denen nicht alle Bedürfnisse gleichzeitig befriedigend erfüllt werden können. So entsteht die Notwendigkeit für das Individuum, der Befriedigung bestimmter Bedürfnisse situationsbedingt Vorrang gegenüber der Befriedigung anderer Bedürfnisse zu geben. Wann, unter welchen Bedingungen und warum einzelne Bedürfnisse handlungsrelevant werden, d.h., wann die Ausrichtung des Individualhandelns durch den Wunsch bestimmt wird, ein bestimmtes Bedürfnis vorrangig zu befriedigen, lässt sich auf Basis der Tagesablaufbeschreibung nicht ohne Weiteres darstellen.

Mit Bezug auf diese potenziell gleichzeitig vorliegenden Bedürfnisse ist es jedoch denkbar, dass, aufgrund unterschiedlicher individueller Wahrnehmungen der Situation (repräsentiert durch den jeweiligen spezifischen mentalen Zustand) bzw. durch eine individuell unterschiedliche Bewertung der jeweiligen spezifischen mentalen Zustände, eine individuelle Präferenzrangfolge der Bedürfnisse vorliegt. So ist z.B. vorstellbar, dass zwei Individuen die gleiche Sicherheitssituation in einem Hotel in einer ihnen nicht vertrauten Stadt unterschiedlich bewerten, sodass das eine Individuum das Fenster über Nacht offen lässt (dem Bedürfnis nach Behaglichkeit wird Vorrang gegeben), das andere Individuum das Fenster hingegen schließt (dem Bedürfnis nach Sicherheit wird Vorrang gegeben).

4.3.9.4 Ontologische Darstellung derjenigen Interrelationen, die auf die potenziellen Möglichkeiten des Individuums schließen lassen, seine Bedürfnisse durch zielgerichtete Handlungen zu befriedigen

An dieser Stelle erfolgt keine separierte, ontologische Darstellung der in Abschnitt 4.3.9 entwickelten Zusammenhänge, da diese nur wenig ergiebiger wäre als die in diesem Abschnitt ohnehin bereits verwendeten grafischen Darstellungen. Stattdessen soll hier ein Auszug aus all jenen Zusammenhängen dargestellt werden, die im Rahmen der bisher analysierten Interrelationen zwischen den drei Kategorialbereichen aufgeführt wurden (also die ontologischen Darstellungen Umgebungsbedingungen/ Gebäude, Umgebungsbedingungen/ Individuum und Gebäude/ Individuum). Dieser Auszug beschreibt genau die Schnittstellen zwischen diesen drei ontologischen Darstellungen und verdeutlicht damit noch einmal die Möglichkeiten des Individuums, seine Bedürfnisse durch zielgerichtete Handlungen zu befriedigen.

Da es vermutlich nicht möglich ist, alle bisher aufgedeckten Zusammenhänge kohärent und übersichtlich in einer einzigen Grafik darzustellen, werden diese Interrelationen hier stark reduziert und vereinfacht aufgeführt. Dabei wurde der bisher verwendete Abstraktionsgrad verlassen und zugunsten der Plastizität der Darstellung auf Beispiele zurückgegriffen. So ist z.B. nicht alleine von „funktionalen Ausstattungselementen“ die Rede, sondern die Interrelationen werden explizit für die Beispiele „Computer“ und „Kopierer“ dargestellt. So sind jedoch auch die gewählten Verknüpfungen lediglich als Beispiel zu verstehen und nicht allgemeingültig.

Im Gegensatz zu den bisherigen ontologischen Darstellungen ist die nachfolgende Darstellung außerdem schichtweise aufgebaut: In der oben angeordneten Ebene sind alle bisher beschriebenen Bedürfnisse des Individuums (mit Ausnahme des Bedürfnisses nach Handlungseffizienz) dargestellt. Unterhalb davon ist eine weitere „Schicht“ angeordnet, welche potenzielle, beispielhafte Handlungen des Individuums beinhaltet. Zwischen beiden „Schichten“ bestehen Interrelationen insofern, als dass die Bedürfnisse mit denjenigen Handlungen verknüpft sind, die das Individuum durchführen kann, um genau diese Bedürfnisse zu befriedigen. Beispielsweise kann das Individuum das Fenster schließen, um entweder das Bedürfnis nach Sicherheit, das Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität, das Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit oder ein spezifisches Behaglichkeitsbedürfnis zu befriedigen. Dabei sind die Pfeile so angeordnet, dass sie von der Handlung auf das Bedürfnis weisen, da - vereinfacht betrachtet - die Art der Handlung von der Art des Bedürfnisses abhängt und Handlungen somit, im Sinne der bisherigen Definition gestrichelter Pfeile, auf Bedürfnisse „zugreifen“. Aus der Gesamtdarstellung ist damit eindeutig ersichtlich, dass eine konkrete Handlung aufgrund sehr unterschiedlicher Bedürfnisse durchgeführt werden kann und somit - wie eingangs bereits erläutert - mehrdeutig ist. Keinesfalls trifft es zu, dass stets Behaglichkeitsbedürfnisse handlungsauslösend sind. Um die vielfältigen Interrelationen visuell auseinander halten zu können, wurden abwechselnd unterschiedliche Blautöne für die Pfeile verwendet. An diese Einfärbung ist jedoch keine inhaltliche Bedeutung geknüpft.

Eine weitere Ebene darunter sind - beispielhaft - jene Merkmale des Gebäudes und des Individuums angeordnet, welche durch die eben angesprochenen Handlungen in ihrer Merkmalsausprägung verändert werden können. Dies kann der Zustand des regulativen Ausstattungselementes „Fenster“, die Leistungsstufe des energieumsetzenden, regulativen Ausstattungselementes „Heizung“ oder des funktionalen Ausstattungselementes „Kopierer“ oder der Schichtaufbau der Bekleidung des Individuums sein. Die Merkmalsausprägungen werden durch die Handlungen bestimmt, sodass diese Zustandsmerkmale formal auf die Handlungen „zugreifen“ (sie hängen von der Handlung ab).

Diese Zustandsmerkmale beeinflussen jedoch - wie ausführlich z.B. in der Beschreibung der Interrelationen zwischen Gebäude und Umgebungsbedingungen beschrieben - die Übertragungsquantität und die Emissionen der Umgebungsbedingungen in den Innenraum. Dieser Zusammenhang führt dann in der Folge zu einer entsprechenden Zusammensetzung verschiedener Umgebungsbedingungen im Innenraum, was durch die grünen Pfeilverbindungen mit den identifizierten, unterschiedlichen Umgebungsbedingungen dargestellt ist. Auch hier wurden wieder, ausschließlich zur Verbesserung der visuellen Differenzierbarkeit und ohne inhaltliche Bedeutung, verschiedene Grüntöne für die Verknüpfungen gewählt.

Die Darstellung lässt sich auch in umgekehrter Richtung lesen: Für die Gebäudesimulation ist die Ermittlung der Zusammensetzung und der Intensität der Umgebungsbedingungen im Innenraum ein wesentliches Anliegen. Geht man von diesem Anliegen aus und verfolgt die Grafik von unten nach oben, so zeigen die dargestellten Zusammenhänge, dass die Zusammensetzung und die Intensität der Umgebungsbedingungen von den Übertragungen über die Gebäudehülle und von den Emissionen im Innenraum abhängen. Die Verknüpfung mit den Handlungen des Individuums erfolgt entsprechend über die veränderbaren Merkmale des Gebäudes und des Individuums, welche diese Übertragungen und Emissionen beeinflussen: Das Individuum kann auf diese veränderbaren Merkmale - seinen Absichten entsprechend - durch Handlungen Einfluss ausüben. Um die Handlungen des Individuums prognostizieren zu können, ist es also offenbar erforderlich, die Absichten des Individuums zu kennen, was wiederum nur vor dem Hintergrund der individuellen Bedürfnisse und deren „Befriedigungslage“ möglich ist.

Durch diese Darstellung wurde nun ein zwar reduzierter, dafür jedoch übersichtlicher und schlüssiger Gesamtzusammenhang zwischen den drei bisher taxonomisierten Kategorialbereichen hergestellt. Aus diesem Gesamtzusammenhang lassen sich zum einen die Voraussetzungen und zum anderen die Folgen individueller Handlungen qualitativ ablesen. Er zeigt damit auf, dass die Handlungen des Individuums eine zentrale Rolle dabei spielen, den Energiehaushalt des Gebäudes zu bestimmen und dokumentiert damit, dass ein Verständnis der Funktionsweise und der Abläufe von Handlungen in diesem Kontext unverzichtbar ist. Die Voraussetzung für das Verständnis von Handlungselementen und Handlungsabläufen ist jedoch die zweckentsprechende Klassifizierung von Handlungen. Diese Klassifizierung wird im nun folgenden Abschnitt durchgeführt.

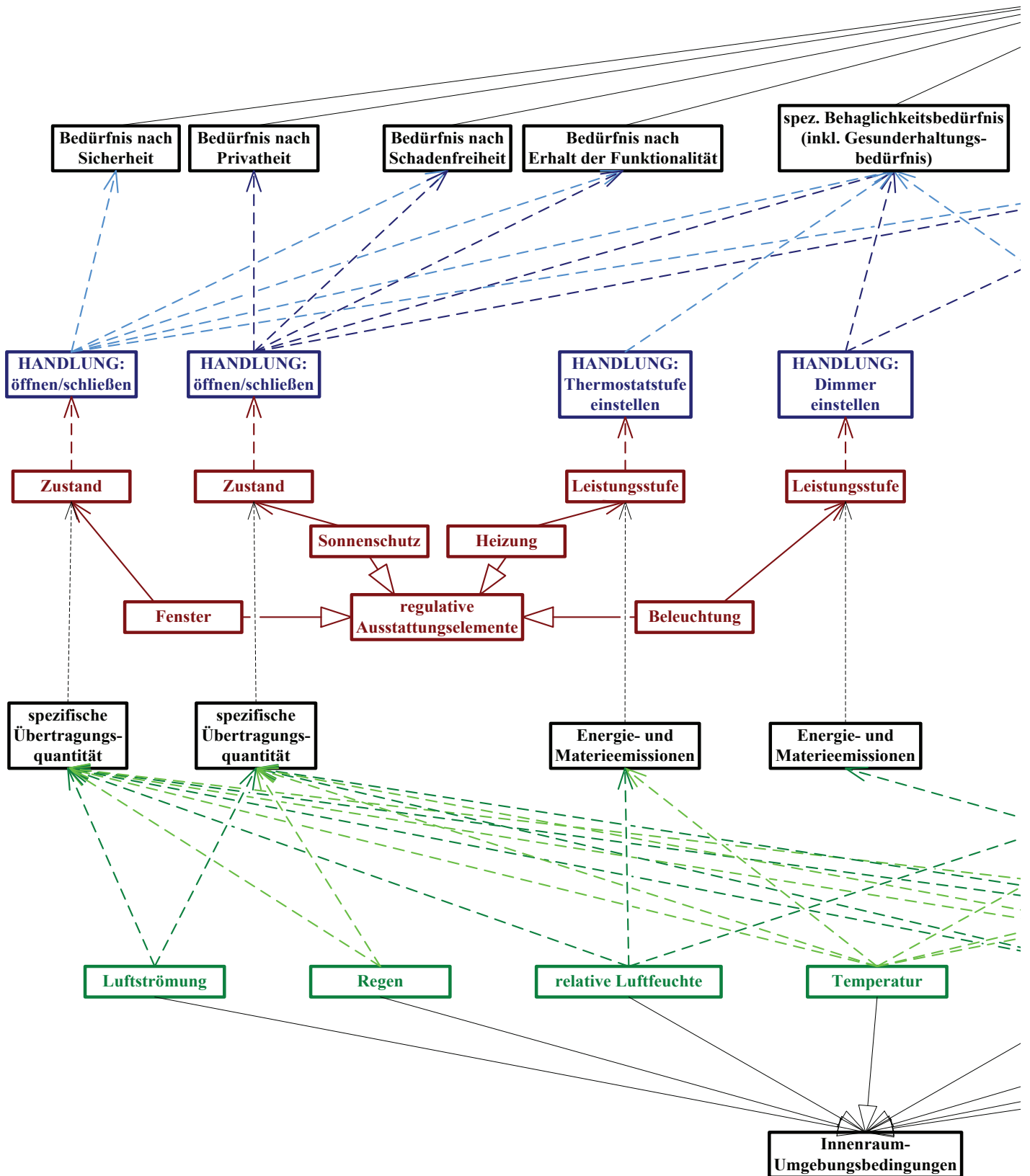
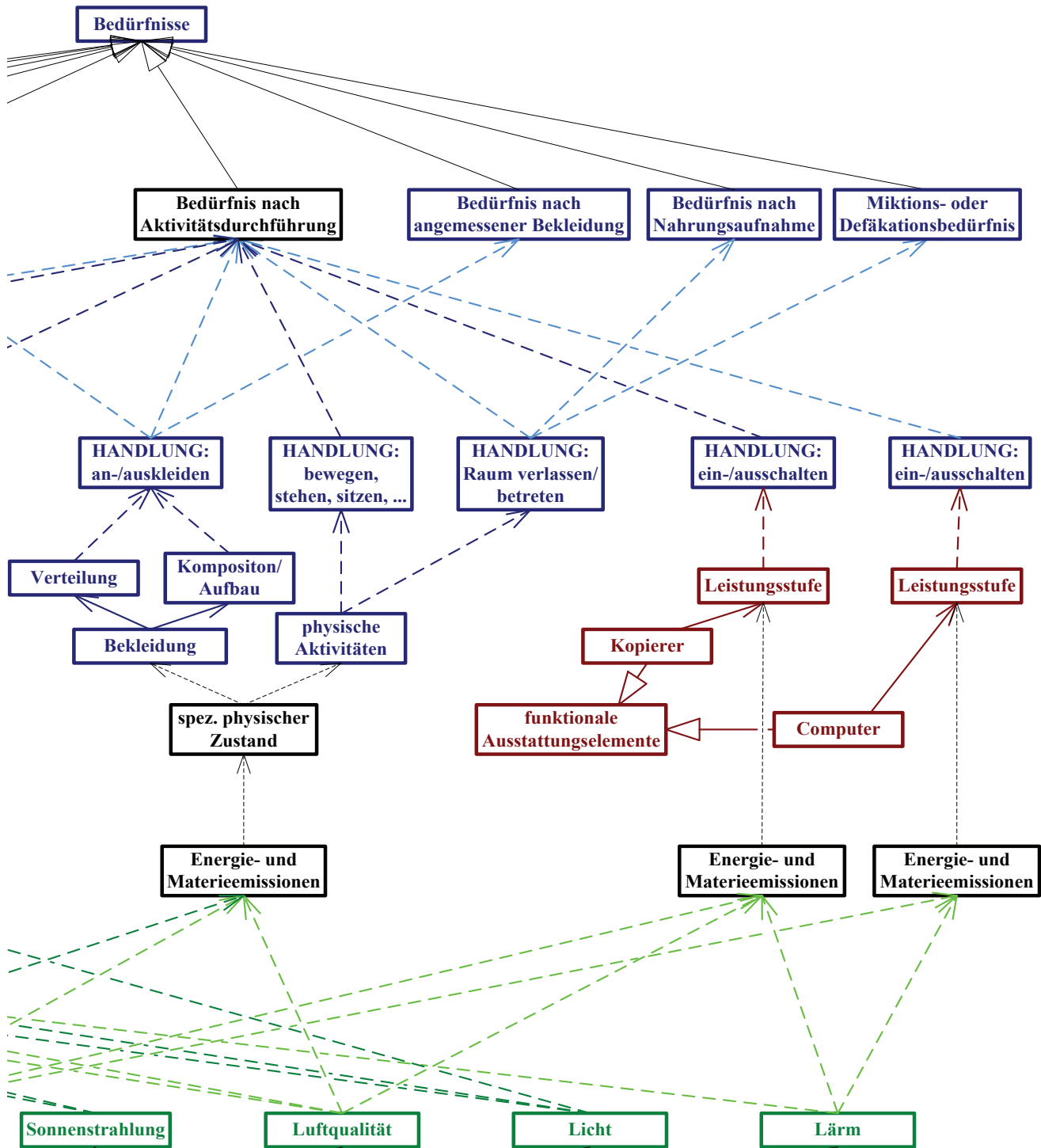


Abbildung 43 Grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Innenraum-Umgebungsbedingungen und den individuellen Bedürfnissen, an Beispielen.



4.3.10 Aktivitäts- und Handlungstypen, die sich aus den dargestellten Interrelationen ableiten lassen

Die Voraussetzungen für die Ausrichtung individueller Handlungen auf ein spezifisches Ziel bestehen in dem Wissen des Individuums um die interrelativen Zusammenhänge zwischen den Umgebungsbedingungen, den Eigenschaften des Gebäudes und den Bedürfnissen des Individuums. Handlungen nutzen also diese interrelativen Beziehungen aus, wobei im Kontext dieser Arbeit davon ausgegangen wird, dass sich die Ziele der Handlungen aus der Absicht ergeben, die verschiedenen, individuellen **Bedürfnisse** zu befriedigen. Daraus folgt, dass es methodisch erst an dieser Stelle möglich ist - nachdem also drei der insgesamt vier Kategorialbereiche geordnet und die bestehenden Interrelationen aufgezeigt wurden - die Handlungen des Individuums zu taxonomisieren.

Es wurde bereits häufiger erwähnt, dass die Taxonomisierung des Bereichs „überindividuelle Nutzungssysteme“ aus didaktischen Gründen erst an letzter Stelle erfolgt. Diese Reihenfolge wird auch deswegen bevorzugt, weil überindividuelle Systeme die Handlungen des in ihm eingebundenen Individuums auf spezifische Art und Weise beeinflussen können. Die Analyse dieser spezifischen Art und Weise setzt also offenbar die Analyse der individuellen Handlungen voraus und erfolgt daher erst im Abschnitt 4.3.12 auf Seite 179.

4.3.10.1 Differenzierung zwischen Aktivität und Handlung

In dieser Phase der Arbeit wird nach einfachen Kriterien zwischen „Aktivitäten“ und „Handlungen“ unterschieden: Der Begriff „Handlungen“ zeichnet sich dadurch aus, dass er einzelne konkrete Aktionen beschreibt, deren Start- und Endpunkt und deren Ausrichtung eindeutig identifizierbar ist. „Vom Stuhl aufstehen, zum Fenster gehen, dieses öffnen, zum Stuhl zurückgehen, sich hinsetzen“ stellt somit eine Folge von Teilhandlungen dar, die in dieser Reihenfolge zu einer sinnvollen Gesamthandlung zusammengesetzt sind.

„Aktivitäten“ wird hingegen als Sammelbegriff für eine Summe von Typen von Handlungen verstanden, die nach bestimmten Kriterien zusammengefasst werden können. Welche Kriterien dabei eine entscheidende Rolle spielen, soll durch die hier durchgeführte Taxonomisierung geklärt werden.

4.3.10.2 Die Aktivitäten des Individuums

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, ein Modell zu entwickeln, welches in der Lage ist, diejenigen Handlungen des Gebäudenutzers zu prognostizieren, die einen Einfluss auf die Innenraum-Umgebungsbedingungen und den Energieverbrauch des Gebäudes haben. Dazu zählen insbesondere die Interaktionen des Gebäudenutzers mit seiner Kleidung und mit dem Gebäude und seinen Teilen. Offenbar besteht das „Tun“ des Individuums innerhalb der physischen Grenzen des Gebäudes jedoch nicht allein aus diesen vereinzelt Interaktionen. Betrachtet man die Beschreibung des Tagesverlaufs, so wird nämlich klar, dass diese Interaktionen offenbar nur eine Minderheit der Gesamtmenge von Handlungen darstellen, die das Individuum im Tagesverlauf ausführt. Die interaktiven Handlungen sind also - auch wenn sie im Kontext dieser Arbeit naturgemäß eine wichtige Stellung einnehmen - lediglich ein integrativer Teil der gesamten **Aktivitäten** des Individuums. Aus diesem Grunde werden zunächst die charakterisierenden Merkmale dieser verschiedenen Aktivitäten auf der Basis der Realitätserzählung untersucht und taxonomisiert.

4.3.10.2.1 Kernaktivitäten

Als Ergebnis dieses ersten Ordnungsschritts sind in Tabelle 30 beispielhafte Handlungen für drei Grundtypen der Aktivität dargestellt, die hier als **Kernaktivitäten** bezeichnet werden. Einen wesentlichen Anteil nehmen dabei die **funktionalen Aktivitäten** ein. Damit sind Aktivitäten gemeint, die „standardmäßig“ ausgeführt werden, wenn man eine bestimmte Lokalität zu einem bestimmten Zweck aufsucht (z.B. Essen im Restaurant, Schwimmen im Schwimmbad, oder eben Arbeiten im Büro). Typisch für diese Aktivitäten ist die Verwendung der **funktionalen Ausstattungselemente**. In der Realitätserzählung tauchen also Aktivitäten auf, in deren Verlauf der Frühstückstisch und die Kaffeemaschine, der Computer oder die Tastatur verwendet werden.

Tabelle 30

Beispiele aus der Realitätserzählung für die Differenzierung von Kernaktivitäten.

Merkmal	Beispielhafte Handlungen
funktionale Aktivitäten	<p>„... ich setze Kaffee und Tee auf, danach gehe ich ins Bad, um mich zu waschen und anzukleiden ...“ „... ich beginne den Tisch zu decken und das Frühstück vorzubereiten ...“ „... besteht üblicherweise darin, den Computer anzuschalten ...“ „Ich beginne also, an diesem Text zu schreiben ...“ „... dass ich vor dem Monitor sitze, die Hände auf der Tastatur liegen und ich mit den Fingern tippe ...“ „Diesen Text lese ich jetzt, markiere mir dabei wichtige Textstellen mit dem Marker und sortiere die Blätter anschließend in einen Ordner ein (manchmal ich lege sie auch einfach nur auf meinem Schreibtisch ab) und schreibe erst anschließend an diesem Text weiter.“ „... arbeite ... weiter an meinem Computer.“ „... erwarte jedoch in zwei Stunden Studenten ...“ „... ist am Telefon und wir müssen einige Dinge bezüglich verschiedener Fakultätsveranstaltungen klären ...“ „... die Fragen der Studenten mit ihnen zu diskutieren und die Zusammenhänge zu erläutern.“ „... und dort meine Vorlesung zu halten.“ „... und lese ...“ „Nicht lange und ich höre einfach auf, da mir nach Abendbrot ist.“ „... gehe ich heute nur an den Kühlschrank, um mir ein Brot zu machen ...“ „... schlafe ich ...“</p>
Aktivitäten zur Störungskorrektur	<p>„Mein erstes Ziel ist das Fenster des Schlafzimmers, welches ich schließe ...“ „... drehe ich die Heizung auf ...“ „... sodass ich die Heizung wieder abdrehen ...“ „... ziehe ich also Jeans und T-Shirt an ...“ „... ziehe ich sofort die Handschuhe und den Schal aus, setze den Helm ab und öffne meine Jacke ...“ „... ich entleere mich ausschließlich meines Rucksacks und meiner Jacke ...“ „... ich ein frisches T-Shirt eingepackt habe ...“ „... ich ziehe den Pulli daher an ...“ „Ich ... lasse den Sonnenschutz herab“ „... ziehe ich den Sonnenschutz wieder hoch.“ „Ich schließe also den Sonnenschutz ...“ „Ich öffne also das Fenster ...“ „Ich ziehe daher meinen Pulli an ...“ „... und schließe das Fenster wieder ...“ „... einen heißen Tee oder Kaffee zu trinken ...“ „... die Heizung an- bzw. höherzustellen ...“ „... so öffne ich ... die Lamellen ...“ „... ziehe ich den Sonnenschutz ganz hoch ...“ „Ich schalte also meine Tischleuchte an.“ „Ich mache also das Licht aus ...“ „... richte ich also den Sonnenschutz ...“ „Also öffne ich das Fenster.“ „... mir selber Luft zuzuwedeln oder das T-Shirt zu lüften ...“ „... diesen Ventilator ... zu benutzen.“ „... das Fenster schließen ...“ „... öffne sogleich im Anschluss daran wieder das Fenster.“ „Als erstes öffne ich also ein Fenster ... und schließe den Sonnenschutz.“ „... schließe ich das Fenster wieder und ziehe den Sonnenschutz hoch ...“ „... das Licht brennt ... Ich schalte es aus.“ „... öffne ich die Balkontür als erstes weit, ziehe die Rollläden etwas hoch und mache das gleiche noch mal im Schlafzimmer ...“ „... schalte ich die benachbarte Stehlampe dazu ...“ „... den Ventilator anzustellen“</p>
Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen	<p>„... um mir Tee zu kochen ...“ „... gehe zur Toilette ...“ „... gehe ich mal in die Mensa.“ „Ich hole mir schnell noch eine neue Flasche Wasser ...“ „... ein Kollege reinkommt (um ... vom Wochenende zu erzählen) ...“</p>

Unter **Aktivitäten zur Störungskorrektur** sind hingegen jene Aktivitäten zusammengefasst, die dem Ziel der funktionalen Aktivitäten zwar nicht unmittelbar dienen, das Erreichen des Ziels jedoch unterstützen, erleichtern oder erst ermöglichen. Derartige Aktivitäten befassen sich entweder direkt mit Störungen, oder sie dienen dazu, das Auftreten von Störungen bereits im Vorfeld zu vermeiden. Typisch für diese Aktivitäten ist die Verwendung der **regulativen Ausstattungselemente** wie Fenster, Heizung oder Sonnenschutz.

Darüber hinaus treten **Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen** auf, die dazu dienen - sozusagen in den Zwischenräumen der zwei anderen Aktivitätstypen - individuelle Bedürfnisse, die weitestgehend unabhängig von den funktionalen Aktivitäten sind, zu befriedigen.

4.3.10.2.2 Aktivitäten zur Vor- und Nachbereitung der Kernaktivitäten

Aus dem Text lassen sich jedoch noch weitere (Teil-) Aktivitäten extrahieren, die diesen drei Kernaktivitätsarten jeweils zeitlich vor- bzw. nachgeordnet sind. Sie dienen damit als Vor- und als Nachbereitung der Kernaktivitäten.

4.3.10.2.2.A Bewegungsaktivitäten

Zu diesen vor- und nachbereitenden Aktivitäten zählen die **Bewegungsaktivitäten** - sofern sie nicht Teil der Kernaktivitäten sind, wie z.B. beim Sport oder beim Austragen der Post. Um z.B. Kaffee zu kochen, ist es erforderlich, in die Küche zu gehen, um im Büro zu arbeiten, ist es notwendig, von der Wohnung zur Universität zu fahren, um das Fenster zu öffnen, muss das Individuum aufstehen und zum Fenster gehen. Bewegungsaktivitäten sind also i.d.R. zwischengeschaltete Aktivitäten, die notwendigerweise erfolgen müssen, um die ortsgebundenen Kernaktivitäten ausführen zu können.

Bereits in Abschnitt 4.3.8.1 auf Seite 133 wurden die Bewegungen des Individuums innerhalb des Gebäudes beschrieben und in sinnvolle Kategorien differenziert (Bewegungen zwischen Gebäuden, zwischen Räumen und innerhalb von Räumen). Diese Differenzierung ist deshalb so wichtig, da sich - neben den Auswirkungen der physischen Aktivität auf das Individuum - die Umgebungsbedingungen für das Individuum mit dem Wechsel der Räumlichkeiten i.d.R. ebenfalls verändern (aufgrund unterschiedlicher Innenraum- und Außenumgebungsbedingungen, siehe Abschnitt 4.3.5.1 auf Seite 95). Auf dem Weg zwischen zwei getrennten Gebäuden ist das Individuum z.B. den Außenbedingungen ausgesetzt, während es bei Bewegungen innerhalb des Raums weitestgehend kontinuierliche Bedingungen erfährt.

Die Interrelationen zwischen dem Individuum und den Umgebungsbedingungen wurden bereits ausführlich in Abschnitt 4.3.7 auf Seite 123 dargestellt. Durch den Wechsel der Umgebungsbedingungen im Zuge der Bewegungsaktivitäten sind Folgen für den physischen und den mentalen Zustand des Individuums zu erwarten, wobei hier ein besonderes Augenmerk auf dem physischen Adaptationsgrad des Individuums liegt (siehe Abschnitt 4.3.7.3.2 auf Seite 125): Durch räumliche Bewegungen können sich die auf das Individuum einwirkenden Umgebungsbedingungen mit einer Geschwindigkeit ändern, bei der physische Adaptationsvorgänge noch nicht wirksam werden. Daraus ergeben sich vermutlich zusätzliche, erhebliche Folgen für den mentalen Zustand (in Abschnitt 4.3.7.3.2 wurde dazu der Satz aus der Realitätserzählung zitiert: „*Wieder im Büro angekommen stelle ich fest, dass die Luft dort schlecht ist und ich durchaus mal lüften könnte. Meistens stelle ich das erst fest, wenn ich den Raum wieder betrete ...*“).

4.3.10.2.2.B Übergangsaktivitäten

Die Existenz von Kernaktivitäten unterschiedlicher Art und mit unterschiedlichen Zielen und jeweils vor- und nachbereitenden Bewegungsaktivitäten legt nahe, dass außerdem Aktivitätsarten existieren müssen, die dazu dienen, den Übergang zwischen den einzelnen Kern- bzw. Bewegungsaktivitäten konkret zu gestalten. Sie schließen die erste Aktivität (temporär) ab und leiten die nachfolgende Aktivität ein. In der Realitätserzählung finden sich tatsächlich auch Beispiele für **Übergangsaktivitäten**, die jedoch nicht notwendigerweise physischer Natur sein müssen, sondern auch mentaler Natur sein können. Beispiele hierfür sind in Tabelle 31 aufgeführt.

Diese Übergangsaktivitäten dienen also dem Abschluss der einen und der Neuorientierung auf die nächste Aktivität. Dies bedeutet Aufwand, da dabei z.B. Gedankengänge unterbrochen und Pläne für das Fortfahren mental gespeichert werden müssen. Für physische Aktivitäten, die sich „gerade im Fluss“ befinden, muss ein möglicher Unterbrechungspunkt gefunden, Werkzeuge, die als funktionale Ausstattungselemente verwendet

werden, wie z.B. ein Hammer, ein Pinsel oder ein Stift, müssen abgelegt werden. Gelegentlich fordern Kernaktivitäten jedoch auch eine permanente Aufmerksamkeit, sodass dieser Prozess des gedanklichen Lösens zum Hindernis für den Übergang zu einer neuen Aktivität wird. Ein plastisches Beispiel dafür sind die sprunghaft ansteigenden Wasserverbräuche während der Halbzeitpause von Länderspielen. Der Gang zur Toilette wird dabei so lange aufgespart, bis die Aufmerksamkeitsanforderung nachlässt.

Neben dem Aufwand und der Handhabbarkeit, die bereits für das Wechseln der Kleidung (Abschnitt 4.3.6.11.1 auf Seite 116) und für die Verwendung regulativer Ausstattungselemente (Abschnitt 4.3.8.3.2 auf Seite 135) definiert wurde, lässt sich also beim Übergang von einer Aktivität zu einer anderen Aktivität eine weitere Aufwandsgröße identifizieren. Für diesen **Übergangsaufwand** gilt offenbar, dass seine Größe von der Art der beiden Aktivitäten abhängt, zwischen denen der Übergang geschaffen wird und dass er sowohl mental als auch physisch relevant ist.

Tabelle 31

Beispiele aus der Realitätserzählung für Übergangaktivitäten als Teil der Vor- und Nachbereitung von Kernaktivitäten.

Merkmal	Beispielhafte Handlungen
Übergangaktivitäten	„Ich beende also den Gedanken, den ich gerade noch im Kopf habe, schreibe den Absatz zu Ende ...“ „... ich muss mich kurz bei ihm entschuldigen, den Hörer weglegen ...“ „Sie warten kurz, während ich einen Absatz an diesem Text zu Ende schreibe und mir noch kurz Notizen mache, um später an derselben Stelle weiterarbeiten zu können.“ „... unterbreche meine Arbeit ...“

4.3.10.3 Ziele der Kernaktivitäten und Zuordnung der entsprechenden Bedürfnisse

Offensichtlich verfolgen die Kernaktivitäten ein **Ziel**. Wie bereits oben erwähnt, besteht die Zielstellung dabei daraus, die verschiedenen **Bedürfnisse** des Individuums zu befriedigen. Um diese Ziele zu kategorisieren und in Bezug zu den Bedürfnissen stellen zu können, sollen die Bedürfnisse zunächst zur Erinnerung noch einmal angeführt werden. Bisher wurden identifiziert:

Das Bedürfnis des Individuums

- *der Nahrungsaufnahme,*
- *zur Miktion und Defäkation,*
- *nach angemessener Bekleidung,*
- *nach behaglichen Umgebungsbedingungen und Gesunderhaltung,*
- *nach Sicherheit im Gebäude,*
- *nach Privatheit im Gebäude,*
- *seiner regulären Tätigkeit nachzugehen,*
- *nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes und seiner Bestandteile,*
- *nach Erhalt der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente,*
- *nach größtmöglicher Effizienz seiner Handlungen.*

4.3.10.3.1 Ziele funktionaler Aktivitäten und Zuordnung der entsprechenden Bedürfnisse

Den **funktionalen Aktivitäten** ist offenbar das Bedürfnis des Individuums zugeordnet, seiner regulären Tätigkeit nachzugehen. Dieses Bedürfnis bezieht sich beispielsweise auf die Durchführung der Arbeitsaufgabe (z.B. Journalartikel zu schreiben, eine Vorlesung zu halten, eine Sprechstunde abzuhalten) oder auch auf die

Freizeitaktivität (z.B. die Zeitung zu lesen, Sport zu machen). Auf den ausführlichen Nachweis der damit einhergehenden Ziele am Beispiel der Beschreibung des Tagesablaufs wird hier verzichtet, da die Existenz dieser Ziele in diesem Zusammenhang als offensichtlich betrachtet werden kann.

4.3.10.3.2 Ziele der Aktivitäten zur Störungskorrektur und Zuordnung der entsprechenden Bedürfnisse

Einer genaueren Analyse bedarf es jedoch in Bezug auf die **Aktivitäten zur Störungskorrektur**, welche offenbar eher situationsgerecht ausgeführt werden. Dieser Situationsbezug ist gegeben, da diese Aktivitäten genau dann ausgeführt werden, wenn Störungen vorliegen oder Störungen voraussichtlich vermieden werden sollen. Sie folgen somit keinem vorab festgelegten Ablaufplan.

Tabelle 32

Beispiele aus der Realitätserzählung zur Darstellung von Zielen von Störungskorrekturaktivitäten.

Merkmal	Beispielhafte Handlungsziele
Funktionserhaltungsziele	„... aber dennoch genügend Licht eintritt, um am Schreibtisch arbeiten zu können ...“ (in Bezug auf Sonnenschutz, Ziel: ausreichend heller Schreibtisch) „Erst wenn es mir zu dunkel am Arbeitsplatz wird ...“ (in Bezug auf Sonnenschutz, Ziel: hellerer Arbeitsplatz) „... da es ansonsten auf der spiegelnden Monitoroberfläche zu hell wäre und ich meine Arbeit sonst nicht fortsetzen könnte“ (in Bezug auf Sonnenschutz, Ziel: genügend abgedunkelte Monitoroberfläche) „Wenn ich aber Texte auf einem Blatt Papier lesen will ...“ (in Bezug auf Licht, Ziel: hell genug zum lesen) „Ich brauche also immer noch mehr Licht, um lesen zu können.“ „... dass es hell genug am Arbeitsplatz ist ...“ (in Bezug auf Licht) „... damit Windböen nicht ungehindert eindringen und dabei Unterlagen vom Tisch geweht werden.“ (in Bezug auf Fenster) „... dass ich am Telefon nicht mehr richtig gut verstehe, was mein Kollege mir erklären möchte.“ (in Bezug auf Fenster, Ziel: Lärmpegel senken) „In dem Augenblick, in dem es mir zu dunkel ist, um die Buchstaben zu erkennen ...“ (in Bezug auf Licht, Ziel: hell genug zum Lesen) „... da es draußen tatsächlich ganz schön laut ist.“ (in Bezug auf Fenster, Ziel: Lärmpegel senken)
Behaglichkeitsziele	„Mittlerweile ist es auch schon warm genug im Raum ...“ (in Bezug auf Heizung, Ziel: es soll nicht noch wärmer werden) „... dass mir nicht zu kalt und nicht zu warm werden soll ...“ (in Bezug auf Kleidung) „... und ich diesen Wechsel von kalt zu warm als extrem unangenehm empfinde ...“ (in Bezug auf Kleidung, Ziel: Bedingungen sollen angenehm sein) „... dass mir sehr schnell unwohl (weil zu warm) dabei ist ...“ (in Bezug auf Sonnenschutz, Ziel: Wohlbefinden) „... dass die Luft dort schlecht ist ...“, „... um den Raum einmal durchzulüften.“ (in Bezug auf Fenster, Ziel: bessere Luft im Raum) „... ich finde die Kälte unerträglich ...“ (in Bezug auf Fenster, Ziel: wärmere Raumluft) „... um mich zu wärmen.“ (in Bezug auf warme Getränke) „... da ich mich ausgetrocknet fühle und daher ein Bedürfnis nach Flüssigkeit habe und zum anderen, da ich weiß, dass das Wasser kühler als mein Körper ist und ihm somit Energie entzieht.“ (in Bezug Getränke, Ziel: nicht ausgetrocknet fühlen, Bedingungen als kühler empfinden) „... wenn ich lüften will (egal ob ich lüfte weil mir zu warm ist oder weil ich die Luftqualität nicht mehr mag)“ (in Bezug auf Fenster, Ziel: Bedingungen als kühler empfinden, bessere Raumluftqualität) „... und somit ein Durchzug entsteht.“ (in Bezug auf Fenster) „... damit einen kühlenden Luftzug zu spüren?“ (in Bezug auf Luft zuwedeln, T-Shirt lüften) „... damit möglichst schnell erträgliche Bedingungen entstehen.“ (in Bezug auf Fenster und Sonnenschutz) „... und der Raum dadurch über Nacht auskühlen kann.“ (in Bezug auf Fenster) „... mein Wunsch ist, dass die Wohnung abends und vor allem nachts möglichst kühl ist ...“ (in Bezug auf Fenster und Rollläden) „Somit kann die Sonne nicht in die Wohnung scheinen, gleichzeitig lüftet die Wohnung jedoch noch ...“ (in Bezug auf Fenster und Rollläden)
Integritätsziele (fassen Ziele gemäß der Bedürfnisse nach Schadenfreiheit, Sicherheit im Gebäude, Privatheit im Gebäude und z.B. Begrenzung des Energieeinsatzes zusammen)	„... dass er sehr windempfindlich ist und ich keinen Schaden riskieren möchte.“ (in Bezug auf Sonnenschutz) „... die keine Energie verbrauchen.“ (in Bezug auf Kunstlicht) „... da ich es in meiner Abwesenheit nicht benötige ...“ (in Bezug auf Kunstlicht) „... dass der Sonnenschutz über Nacht kaputt geht oder es dann doch noch reinregnet.“ (in Bezug auf Sonnenschutz und Fenster) „... dass niemand einbricht (was im 3.OG ziemlich sicher ist) und dass es während meiner Abwesenheit nicht durch das Fenster in den Raum regnet.“ (in Bezug auf Fenster) „... um unnötige Energieverschwendung zu vermeiden ...“ (in Bezug auf Kunstlicht) „... und falls es anfängt zu regnen sind die Kippöffnungen ausreichend geschützt.“ (in Bezug auf Rollläden)

Hier lassen sich Subkategorien anhand der verschiedenen, zuordenbaren Bedürfnisse auffinden, deren Differenzierung für die Vorhersage des Interaktionsverhaltens notwendig ist. Diese Subkategorien und die dazugehörige Textbasis sind in der Tabelle 32 auf Seite 158 dargestellt (aufgrund negativer Formulierung wird das Ziel teilweise nur implizit und nicht eindeutig angeführt. In diesen Fällen werden die Zitate daher durch Kommentare in Klammern ergänzt).

Einen wichtigen Beitrag leisten Störungskorrekturaktivitäten offenbar zum direkten Erhalt der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente: **Funktionserhaltungsziele** dienen also dazu, die Umgebungsbedingungen so zu manipulieren, dass sie sich nicht direkt störend auf die Ausübung der funktionalen Aktivitäten auswirken. Dabei ist offensichtlich, dass sich mit unterschiedlichen funktionalen Aktivitäten auch die Funktionserhaltungsziele unterscheiden. Funktionserhaltungsziele sind also zwangsläufig sehr spezifische Ziele, die immer direkt im Zusammenhang mit der funktionalen Aktivität stehen. Die erste Zeile der Tabelle 32 gibt hierfür einige Beispiele an. **Behaglichkeitsziele** sind hingegen allgemeinerer Natur, da sie sich auf das Bedürfnis nach Behaglichkeit beziehen, dessen bloße Existenz unabhängiger von der Art der Aktivität ist (das Individuum möchte es nie „zu kalt“ haben, egal welche Aktivität es ausführt). Jedoch sind Variationen in Abhängigkeit der funktionalen Aktivität hinsichtlich der gewünschten Intensität zu erwarten (siehe Abschnitt 4.3.7.4 auf Seite 126). So mögen physische Zustände, die beim Sport tolerabel sind, bei der Büroarbeit intolerabel sein (z.B. starkes Schwitzen). Die dritte Zielkategorie - **Integritätsziele** - umfasst Zielstellungen, die dazu dienen, die Unversehrtheit der Umgebung des Nutzers im weitesten Sinne aufrechtzuerhalten. Neben Aktivitätszielen, die z.B. dafür sorgen, dass die Gebäudekonstruktion keinen Schaden nimmt (Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes), treten in der Realitätserzählung auch das Ziel des Energiesparens (im Sinne einer übergeordneten Integritätswahrung der Umwelt), der Sicherheit im Gebäude und des Bedürfnisses nach Privatheit (im Sinne der Integritätswahrung der Privatsphäre) auf.

In dieser dreiteiligen Differenzierung der Zielkategorien von Störungskorrekturaktivitäten spiegeln sich die Dimensionen wider, die zur Beschreibung der regulativen Ausstattungselemente eingeführt wurden (siehe vor allem Abschnitt 4.3.9.2.2 auf Seite 143). Mithilfe regulativer Ausstattungselemente lassen sich nicht nur Behaglichkeits-, sondern eben auch Funktionserhaltungsziele verfolgen. Die vorgenommene Einordnung regulativer Ausstattungselemente als „supplementär-funktional“ ist daher auch aus Sicht der Aktivitätskategorisierung berechtigt.

Nicht zu den Zielen von Störungskorrekturaktivitäten im Sinne dieser Arbeit zählen Absichten, wie z.B. die Reparatur des Computers, das Aufräumen des Schreibtischs oder das Auswechseln einer Glühbirne. Diesen Handlungen liegen zwar auch Funktionserhaltungsziele zugrunde, sie sind jedoch für das *hier* betrachtete Interaktionshandeln von untergeordneter Bedeutung, da sie keinen Bezug zum Energiehaushalt des Gebäudes aufweisen (sofern - wie hier beabsichtigt - Stoffströme nicht in die Bilanzierung einbezogen werden). Der Begriff der Störungskorrekturaktivitäten - wie er in dieser Arbeit verwendet wird - weist also stattdessen stets einen **Bezug zu den objektiven materiellen und energetischen Umgebungsbedingungen innerhalb des Gebäudes oder zu deren Wahrnehmung auf.**

4.3.10.3.3 Ziele von Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen und Zuordnung der entsprechenden Bedürfnisse

Als Beispiele für **Individualziele** treten in der Realitätserzählung Bedürfnisse wie die Nahrungsaufnahme, der Gang zur Toilette, das Ziel, wunschgemäße Kleidung zu tragen, oder die private Kommunikation mit einem Kollegen auf. Es besteht dabei also immer das Ziel, individuelle Bedürfnisse, die keinen direkten Bezug zum Fortgang der funktionalen Aktivitäten aufweisen, zu befriedigen. Tatsächlich kann an diesen Beispielen jedoch auch die Tatsache abgelesen werden, dass manche Handlungen - je nach Kontext - verschiedenen Aktivitätsklassen zugeordnet werden können. So zählt das Trinken von Tee hier zu den Individualzielen kann jedoch unter entsprechenden Umständen (es ist zu kalt) auch den Behaglichkeitszielen der Störungskorrekturaktivitäten zugeordnet werden.

4.3.10.4 Detaillierte Analyse der Störungskorrekturaktivitäten

Die Störungskorrekturaktivitäten erfordern im Kontext dieser Arbeit ein besonderes Augenmerk, da die Interaktionen des Individuums mit dem Gebäude und mit seiner Kleidung vorrangig unter diese Aktivitätskategorie fallen. Die zusätzlichen Differenzierungen, die sich aus den alltagssprachlichen Formulierungen der Realitätserzählung im Weiteren ableiten lassen, werden in den nachfolgenden Unterabschnitten daher detailliert beschrieben.

4.3.10.4.1 Ereignisabhängigkeit von Störungskorrekturaktivitäten

Eine offenbar sehr elementare Differenzierung besteht in der Abhängigkeit der Störungskorrekturaktivitäten vom Eintreten eines auslösenden Ereignisses. Es lässt sich hierbei zwischen **reaktiven Instandsetzungsaktivitäten** - es ist ein auslösendes Ereignis eingetreten - und **proaktiven Vermeidungsaktivitäten** - der Eintritt des Ereignisses wird vermieden - unterscheiden.

4.3.10.4.1.A Reaktive Instandsetzungsaktivitäten

Mit **Instandsetzungsaktivitäten** sind in diesem Zusammenhang Störungskorrekturaktivitäten gemeint, die auf negativ empfundene Ereignisse reagieren, sobald sie eingetreten sind und somit zum Ziel haben, die Folgen dieser negativen Ereignisse zu beheben. In Tabelle 33 sind hierzu Handlungsbeispiele aufgeführt. Es sind also **re-aktive Handlungen** gemeint, wie z.B. das Licht anschalten, sobald es zu dunkel zum Lesen ist oder das Fenster öffnen, sobald die Luftqualität zu schlecht ist, um sich behaglich zu fühlen (Ereignisse: es ist zu dunkel/ die Luftqualität ist schlecht, Folgen: Lesen ist nicht möglich/ Unbehaglichkeit stellt sich ein).

4.3.10.4.1.B Pro-aktive Vermeidungsaktivitäten

Im Gegensatz dazu dienen **Vermeidungsaktivitäten** dem Zweck, das Auftreten negativer Zustände **pro-aktiv** zu verhindern. Auf Basis der in den zurückliegenden Abschnitten beschriebenen Merkmale und Merkmalsinterrelationen lassen sich mindestens drei Bedingungen beschreiben, unter denen zeitliche Strategien im Sinne von Vermeidungsaktivitäten von Bedeutung sind.

Tabelle 33

Beispiele aus der Realitätserzählung zur Darstellung der Abhängigkeit von Störungskorrekturaktivitäten vom Eintritt eines negativen Ereignisses.

Merkmals	Beispielhafte Handlungen
re-aktive Instandsetzungsaktivitäten	<p>„Erst wenn es mir zu dunkel am Arbeitsplatz wird, ziehe ich den Sonnenschutz wieder hoch“</p> <p>„Wieder im Büro angekommen stelle ich fest, dass die Luft dort schlecht ist und ich durchaus mal lüften könnte.“</p> <p>„Mir fällt beim Betreten des Raums auf, dass mein Arbeitsplatz bei vollkommen geschlossenen Lamellen des Sonnenschutzes zu dunkel ist. Da ich ohnehin stehe, richte ich also den Sonnenschutz ...“</p> <p>„Es hilft also nichts, ich muss mich kurz bei ihm entschuldigen, den Hörer weglegen, zum Fenster gehen, das Fenster schließen und das Gespräch danach wieder aufnehmen.“</p> <p>„Im Flur vor dem Lehrstuhl brennt Licht, am helllichten Tage. ... Ich schalte es aus.“</p> <p>„Ich empfinde es heute dennoch als zu warm in der Wohnung, also öffne ich die Balkontür als erstes weit, ziehe die Rollläden etwas hoch und mache das gleiche noch mal im Schlafzimmer.“</p>
pro-aktive Vermeidungsaktivitäten	<p>„Ich muss also zum einen abschätzen, ob ich z.B. Handschuhe, Schal und Mütze benötige, ob ich Regenjacke und Regenhose für den Weg brauche. Zum anderen will ich die richtige Kleidung tragen, wenn ich am Lehrstuhl am Schreibtisch sitze.“</p> <p>„... und nehme noch einen Pulli als „Back-Up“ mit.“</p> <p>„... schließe ich das Fenster wieder und ziehe den Sonnenschutz hoch. Das ist zwar nicht günstig für den Raum, aber da es ohnehin schon Nachmittag ist, gehe ich davon aus, dass heute niemand mehr den Besprechungsraum benutzen wird. Außerdem möchte ich verhindern, dass der Sonnenschutz über Nacht kaputt geht oder es dann doch noch reinregnet ...“</p> <p>„... prüfe ob ich für die Zeit meiner Abwesenheit den Sonnenschutz unten und das Fenster geöffnet lassen kann ...“</p> <p>„Im Sommer lasse ich das obere Fenster tatsächlich sogar häufig über Nacht offen. Allerdings nur wenn ich - aus welchen Gründen auch immer - der Meinung bin, dass es morgen genauso warm wird wie heute und der Raum dadurch über Nacht auskühlen kann ...“</p>

Individuen halten sich offenbar nicht permanent an einem Ort auf, sondern wechseln ihre Position im Gebäude zu bestimmten Zeiten oder Anlässen. Während dieser Zeit sind Störungskorrekturaktivitäten in den Räumen, in denen sie sich *nicht* befinden, nicht möglich (z.B. während der Mittagspause oder bei Abwesenheit über Nacht). Während der **Abwesenheit** können sich die Umgebungsbedingungen im Innenraum jedoch verändern, sodass sie bei Wiederbetreten des Raums ungünstige Intensitäten angenommen haben. Das Ziel einer Vermeidungsaktivität ist es in einem solchen Fall also, die Entwicklung der Innenraum-Umgebungsbedingungen **vorausblickend** im Sinne der Bedürfnisse zu beeinflussen (z.B. das Fenster geöffnet lassen, damit es bei der Rückkehr kühl im Raum ist). Allerdings ist die Abwesenheit des Nutzers für Vermeidungsaktivitäten keine zwingende Voraussetzung. Auch bei permanenter Anwesenheit des Nutzers kann dieser Störungskorrekturhandlungen durchführen, um vorausblickend das Auftreten ungünstiger Intensitäten während seiner Anwesenheit zu vermeiden. In beiden Fällen sind jedoch Prognosen auf der Basis von Erfahrungen notwendig. Insbesondere ist die Prognose über den zukünftigen zeitlichen Verlauf der Umgebungsbedingungen (es könnte während der Abwesenheit beginnen zu regnen oder die Temperaturen sinken so stark, dass es im Raum zu kalt wird) und über das zeitliche Zusammenspiel von Umgebungsbedingungen und Gebäudeeigenschaften (z.B. mit Bezug auf die Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes oder die spezifische Übertragungsquantität der Gebäudehülle) erforderlich.

Darüber hinaus spielen Vermeidungsaktivitäten bei der Bewertung der **Konsequenzen** einer Handlung bzw. einer unterlassenen Handlung eine Rolle. Weiter oben wurde bereits darauf hingewiesen, dass der Unterschied zwischen dem Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit und dem nach Funktionalität darin gesehen wird, dass Schäden nicht auf einfachem Weg behoben werden können, während die Funktionalität leicht wiederhergestellt werden kann. Es lässt sich also bedenkenloser die Funktionalität als die Schadenfreiheit riskieren. Dies lässt sich auf viele Aspekte der Integritätsziele generalisieren: Krankheit des Individuums, Diebstahl, Zerstörung des Sonnenschutzes oder Aufschwimmen des Fußbodens aufgrund von Regen lassen sich - einmal eingetreten - nicht ohne Weiteres wieder beheben. Da der Aufwand für die „Instandsetzung“ solch schwerwiegender Zustände erheblich wäre, kann davon ausgegangen werden, dass das Eintreten dieser Zustände durch entsprechende Vermeidungsstrategien i.d.R. verhindert werden soll.

Außerdem spielen Vermeidungsaktivitäten im Zusammenhang mit dem Bedürfnis nach **Handlungseffizienz** eine Rolle. Jede Korrekturhandlung erfordert einen Aufwand, der - gemeinsam mit der körperlichen Kompetenz betrachtet - durch die Handhabbarkeit des regulativen Ausstattungselements für das Individuum beschrieben wurde. Lassen sich aber verschiedene Korrekturhandlungen, wie z.B. das Öffnen des Fensters und das Schließen des Sonnenschutzes, verbinden, so muss das Individuum dafür nur einmal den Weg von seinem Platz zur Bedieneinheit zurücklegen. Der objektive Aufwand pro Korrekturaktivität sinkt also. Wenn z.B. das Bedürfnis nach thermischer Behaglichkeit nicht mehr befriedigt ist (die Sonnenstrahlung wird als zu warm beurteilt) und gleichzeitig absehbar ist, dass das Bedürfnis nach olfaktorischer Behaglichkeit in Kürze ebenfalls nicht mehr befriedigt werden kann (die Luftqualität ist relativ schlecht), so ist die Annahme plausibel, dass versucht wird, die olfaktorische Behaglichkeit pro-aktiv gleichzeitig mit dem Schließen des Sonnenschutzes durch Öffnen des Fensters zu wahren. Dieser Entscheidung liegt die Prognose einer potenziell verringerten Handlungseffizienz aufgrund eines erhöhten physischen Aufwandes für den Fall zugrunde, dass beide Aktivitäten sequenziell und nicht parallel ausgeführt werden. Die sequenzielle Ausführung von zwei Störungskorrekturhandlungen birgt darüber hinaus den Nachteil, dass die funktionale Aktivität zweimal anstellen von nur einem Mal unterbrochen werden muss. Dies würde den oben bereits eingeführten und beschriebenen **Übergangsaufwand** entsprechend erhöhen.²²

4.3.10.4.2 Regulationsrichtung von Störungskorrekturaktivitäten

Der Raum, in dem sich das Individuum aufhält, ist gegenüber benachbarten Räumen und dem Außenraum physisch durch seine Hülle abgegrenzt. Sowohl die Übertragungseigenschaften dieser Abgrenzung als auch die

²² In diesem Zusammenhang stellt sich u.U. die Frage, ob der Aufwand für die Gestaltung des Übergangs zwischen zwei Aktivitäten zu den Aspekten der Handlungseffizienz zählt, die in Abschnitt 4.3.9.2.6 auf Seite 145 dargestellt wurden. Dagegen spricht jedoch, dass sich die Handlungseffizienz ausschließlich auf Aktivitäten zur Störungskorrektur (insbesondere Handhabbarkeit und Effektfolgen) bezieht, und diese damit aus dieser Perspektive vergleichbar macht. Übergangsaktivitäten zählen nicht zu dieser Aktivitätskategorie, sodass der Übergangsaufwand eine unabhängige Größe darstellt.

Energie- und Materieemissionen im Innenraum lassen sich jedoch durch die regulativen Ausstattungselemente beeinflussen und somit an die Bedürfnisse anpassen. Diese Regulation kann dabei verschiedene Richtungen einnehmen: Störungskorrekturaktivitäten teilen sich in Aktivitäten auf, die entweder **abschirmend**, **öffnend** oder **angleichend** wirken.

4.3.10.4.2.A Abschirmungsaktivitäten

Mit Abschirmungsaktivitäten sind Aktivitäten gemeint, die das Individuum bzw. seine unmittelbare Umgebung vor ungünstigen Bedingungen von außen abschirmen. Dazu zählt z.B. die Abschirmung gegenüber Lärm, unangenehmen Temperaturen oder intensiven Sonnenstrahlen von außen.

4.3.10.4.2.B Öffnungsaktivitäten

Gelegentlich sind jedoch die Bedingungen außen günstiger als im Innenraum. Öffnungsaktivitäten dienen also dazu, durch Austausch mit den Außenbedingungen günstigere Raumbedingungen zu schaffen (z.B. Zufuhr frischer Luft, Provokation von Luftbewegungen, Durchlass von Solarstrahlung). Ein relevanter **Konflikt** kann sich also ergeben, wenn eine Kombination aus innerhalb und außerhalb des Gebäudes vorliegenden Umgebungsbedingungen auftritt, die gleichzeitig sowohl eine Abschirmung und als auch eine Öffnung erfordern würde (z.B. bei sehr warmen sommerlichen Innenraumbedingungen, die eine Lüftung durch das Fenster erfordern bei gleichzeitiger geruchlicher Belastung außen, siehe auch „Wirkungsfächer“, 4.3.5.4.1 auf Seite 100).

4.3.10.4.2.C Angleichungsaktivitäten

Führen diese Aktivitäten nicht zum Ziel (oder können/sollen sie nicht ausgeführt werden), sind Angleichungsaktivitäten erforderlich, die dazu dienen, die Raumbedingungen auf maschinellem Weg unter Einsatz von Energie an das gewünschte Niveau anzugleichen (z.B. Heizung, Kühlung, Ventilator). Tabelle 34 gibt für alle Typen von Aktivitäten einige Beispiele aus der Realitätserzählung an.

Tabelle 34

Beispiele aus der Realitätserzählung, die die Richtung von Regulationsaktivitäten dokumentieren.

Merkmal	Beispielhafte Handlungen
Abschirmungsaktivitäten	„Ich überlege, ob es Sinn macht das Fenster zu öffnen . Ich unterlasse es, da ich weiß, dass es dann - wegen der kalten Temperaturen außen - schlagartig zu kalt werden wird.“ „Wegen des starken Winds außen muss ich diese beiden Fenster geschlossen lassen .“ „Häufig tritt die Strahlung jedoch so intensiv durch die Verglasung ein, dass mir sehr schnell unwohl ... Ich stehe also auf, gehe zum Fenster und lasse den Sonnenschutz herab .“
Öffnungsaktivitäten	„... empfinde es als angenehm in der von außen einströmenden , i.d.R. kälteren Luft zu sitzen.“ „Wieder im Büro angekommen stelle ich fest, dass die Luft dort schlecht ist ... Ich öffne also das Fenster ...“
Angleichungsaktivitäten	„... auf jeden Fall zu kalt , um gemütlich am Frühstückstisch zu sitzen. Also drehe ich die Heizung auf ...“

4.3.10.4.3 An Ortswechsel gebundene Störungskorrekturaktivitäten

In Abhängigkeit der Bewegungsaktivitäten (Abschnitt 4.3.10.2.2) und der damit verbundenen Ortswechsel kann zusätzlich zwischen **initiiierenden** und **terminierenden** Störungskorrekturaktivitäten unterschieden werden.

4.3.10.4.3.A Initiiierende Störungskorrekturaktivitäten

Initiiierende Störungskorrekturaktivitäten werden ausgeführt, wenn die Umgebungsbedingungen beim **Betreten** eines Raums negativ bewertet werden. Denkbar ist z.B., dass die Luftqualität schlecht ist („... *stelle ich fest, dass die Luft dort schlecht ist und ich durchaus mal lüften könnte.*“) oder die Temperaturen zu warm sind („... *öffnen die Tür und treten ein ... der Raum hat sich - einem Eckraum entsprechend - im Tagesverlauf aufgewärmt.*“). Diese Art der Störungskorrekturaktivität ist eng mit dem Bedürfnis nach Handlungseffizienz

verbunden, da der Aufwand für eine Korrekturhandlung geringer ist, wenn bestimmte körperliche Aktivitätssequenzen (z.B. Aufstehen vom Stuhl) entfallen können. Darüber hinaus wurde in einem solchen Fall noch keine funktionale Aktivität begonnen, die dafür zu unterbrechen wäre, sodass der oben definierte **Übergangsaufwand** gering ausfällt („Mir fällt beim Betreten des Raums auf, dass mein Arbeitsplatz bei vollkommen geschlossenen Lamellen des Sonnenschutzes zu dunkel ist zum Arbeiten. Da ich ohnehin stehe, richte ich also den Sonnenschutz so, dass ...“).

4.3.10.4.3.B Terminierende Störungskorrekturaktivitäten

Terminierende Störungskorrekturaktivitäten finden hingegen beim **Verlassen** des Raums statt. Z.B. wird das Fenster während der Abwesenheit geschlossen, um die Sicherheit zu erhöhen oder es wird geöffnet, sodass der Raum über Nacht gelüftet wird. Diese Art Aktivität zählt üblicherweise außerdem zu den pro-aktiven Vermeidungsaktivitäten.

4.3.10.4.4 Wirkungsradius von Störungskorrekturaktivitäten

Aktivitäten zur Störungskorrektur dienen dazu, Störungen aus der Umgebung fernzuhalten, abzuschalten oder ihre als negativ empfundene Auswirkung zu reduzieren. Dabei spielt es für den Energiehaushalt des Gebäudes eine Rolle, ob die Korrekturaktivitäten lediglich das Individuum selber betreffen oder ob tatsächlich der Zustand der Umgebung des Individuums dafür verändert wird. Demgemäß werden die Aktivitäten zur Störungskorrektur hinsichtlich ihres Wirkungsradius in die Merkmale „**Körperinneres betreffend**“, „**Körpergrenzfläche betreffend**“ und „**Körperumgebung betreffend**“ unterteilt. Der letzte Punkt kann zusätzlich hinsichtlich des betroffenen Umgebungsumfangs differenziert werden (lokal vs. global, z.B. Tischleuchte vs. Deckenleuchte). In der nachfolgenden Tabelle 35 sind einige Beispiele dazu aus der Realitätserzählung aufgeführt.

Tabelle 35

Beispiele aus der Realitätserzählung für den Wirkungsradius von Störungskorrekturaktivitäten.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Körperinneres betreffend	<p>„... und ich muss mich bei der Wärme auch noch bewegen, wodurch mir ja noch wärmer wird.“</p> <p>„... dass ich heißen Tee und Kaffee im Winter mag, da warme Getränke wärmen und Wasser im Sommer, um nicht zu dehydrieren.“</p> <p>„... bleibt mir die Alternative etwas Kühles zu trinken ...“</p> <p>„... dass das Wasser kühler als mein Körper ist und ihm somit Energie entzieht.“</p>
Körpergrenzfläche betreffend	<p>„... benutze ich im Winter eine dickere Bettdecke als im Sommer ...“</p> <p>„... ob ich z.B. Handschuhe, Schal und Mütze benötige, ob ich Regenjacke und Regenhose für den Weg brauche.“</p> <p>„... ziehe ich sofort die Handschuhe und den Schal aus, setze den Helm ab und öffne meine Jacke.“</p> <p>„... mir selber Luft zuzuwedeln oder das T-Shirt zu lüften.“</p> <p>„... verwende ich jedoch Ohrenstopfen zum Schlafen.“</p>
Körperumgebung betreffend	z.B.: Fenster, Sonnenschutz, Kunstlicht, Heizung

4.3.10.4.5 Zeitliche Relationen von Störungskorrekturaktivitäten

Im Kontext von Instandsetzungs- und Vermeidungsaktivitäten spielt die zeitliche Relation von Handlungsausführung und Effekt der Handlung eine wichtige Rolle. Zu den zeitlichen Relationen zählen primär die **Effektdauer** („Luft zuwedeln“ da es zu warm ist, führt lediglich zu einem kurzfristigen Effekt während „Fenster schließen“ da es draußen zu laut ist, zu einem langfristigen Effekt führt) und der **Zeitpunkt des Effekteintritts** (bei der Aktivität „Licht einschalten“, da es zu dunkel ist, liegen Durchführung und Effekt nahe beieinander, während bei der Aktivität „Fenster über Nacht öffnen“ damit es morgens im Büroraum kühler ist, Durchführung und Effekt zeitlich weiter auseinander liegen). Letzteres muss durch den **zeitlichen Planungshorizont** des Individuums berücksichtigt werden. Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, dass Vermeidungsaktivitäten vermutlich einen größeren zeitlichen Planungshorizont aufweisen und Handlungen beinhalten, deren Effektdauer längerfristig ist. Der Aspekt der zeitlichen Relation wurde bereits in Abschnitt 4.3.9.2.6.D auf Seite 147 im Kontext der „Handlungseffizienz“ diskutiert.

4.3.10.5 Die Taxonomie der Aktivitätsarten in der Übersicht

Auch die Aktivitätsarten können in einer übersichtlichen Taxonomie dargestellt werden. Hierbei zeigt sich noch einmal sehr deutlich, dass der Analyseschwerpunkt auf den Aktivitäten zur Störungskorrektur liegt. Funktionale Aktivitäten und Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen wurden nicht im gleichen Maße differenziert strukturiert, sondern lediglich mit Beispielen illustriert. Dies liegt in erster Linie daran, dass Störungskorrekturaktivitäten jene Handlungen umfassen, die der Gebäudenutzer durchführt, um die Innenraum-Umgebungsbedingungen seinen Bedürfnissen entsprechend anzupassen. Naturgemäß stellt diese Aktivitätskategorie den Schwerpunkt im Kontext des hier behandelten Problemfelds dar. Nichtsdestotrotz üben funktionale Aktivitäten und Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen einen erheblichen Einfluss auf den - letztendlich interessierenden - Energiehaushalt des Gebäudes aus. Die Ausprägungen insbesondere der funktionalen Aktivitäten sind dabei jedoch so vielfältig und facettenreich, dass sie nicht erschöpfend auf der handlungstheoretischen Individualebene dargestellt werden können. Für die Betrachtung funktionaler Aktivitäten ist daher die Beschränkung des betrachteten Realitätsumfangs erforderlich, welche im Rahmen dieser Arbeit auf zwei Arten erfolgt: Einerseits - wie bereits in Abschnitt 3.3.2 auf Seite 55 angekündigt - durch die thematische Einengung der Perspektive auf eine Einzelbürosituation und andererseits durch eine Verringerung des Auflösungsgrades der Analyse. Diese Verringerung des Auflösungsgrades erfolgt insbesondere dadurch, dass nicht die individuellen Ausprägungen funktionaler Aktivitäten, sondern stattdessen deren überindividuelle Charakter beleuchtet wird. Der Abschnitt 4.3.12 auf Seite 179 über überindividuelle Nutzungssysteme wird die charakteristischen Eigenschaften funktionaler Aktivitäten also intensiver behandeln.

Kernaktivitäten

funktionale Aktivitäten

typische Handlungen

Computer anschalten, Kaffee aufsetzen, einen Text lesen

Zieltypen

Arbeitsaufgaben wie Journalartikel schreiben, Vorlesungen halten, Sprechstunde abhalten
Freizeitbeschäftigungen wie Sport machen, Zeitung lesen

Aktivitäten zur Störungskorrektur

typische Handlungen

Fenster öffnen, Licht ausschalten, Heizung ausmachen, Pullover anziehen

Ziele

Funktionserhaltungsziele
Behaglichkeitsziele
Integritätsziele

Ereignisabhängigkeit

re-aktive Instandsetzungsaktivitäten
pro-aktive Vermeidungsaktivitäten
während Abwesenheit
Vermeidung schwerwiegender Konsequenzen
Verbesserung der Handlungseffizienz
Verringerung des Übergangsaufwands

Regulationsrichtung

Abschirmungsaktivitäten
Öffnungsaktivitäten
Angleichungsaktivitäten

an Ortswechsel gebunden

initiiierende Aktivitäten (bei Eintritt)
terminierende Aktivitäten (beim Verlassen)

Wirkungsradius

 Körperinneres betreffend

 Körpergrenzfläche betreffend

 Körperumgebung betreffend

 lokale und globale Wirkung

Zeitliche Relationen

 Effektdauer

 Zeitpunkt des Effekteintritts

 zeitlicher Planungshorizont

Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen

 typische Handlungen

 zur Toilette gehen, mit Kollegen unterhalten, zur Mensa gehen

 Zieltypen

 Befriedigung individueller Bedürfnisse, die in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit der funktionalen Aktivität stehen

Aktivitäten zur Vor- und Nachbereitung der Kernaktivitäten

 Bewegungsaktivitäten

 Übergangsaktivitäten

 Übergangsaufwand

In der nachfolgenden Abbildung 44 auf Seite 166 sind die Aktivitäten und deren Differenzierungen noch einmal vereinfacht grafisch dargestellt.

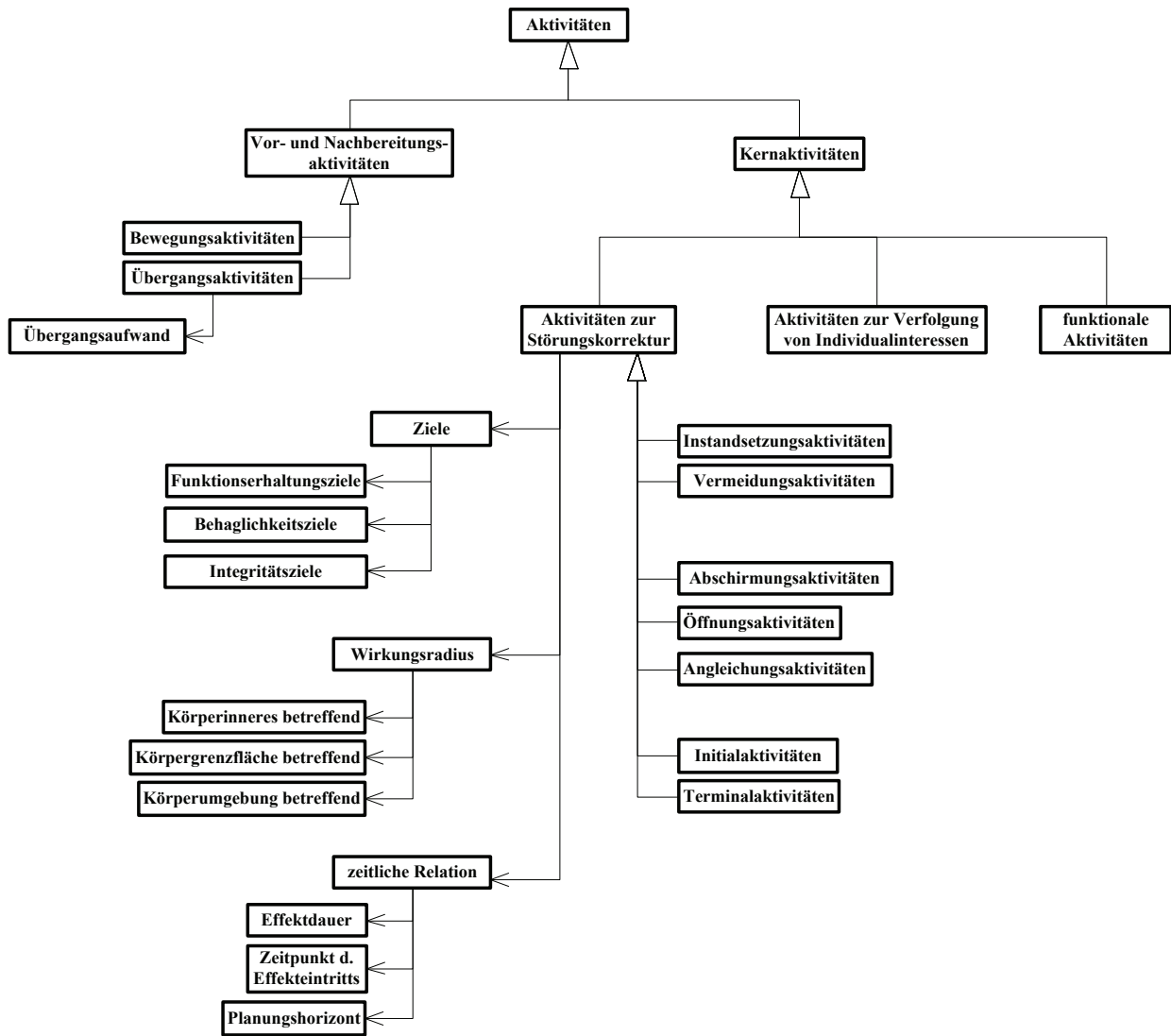


Abbildung 44
Übersicht über die Taxonomie der Aktivitätsarten des Individuums.

4.3.11 Handlungsprozess der Störungskorrekturaktivitäten

Mithilfe der vorhergehenden Taxonomisierung konnten die relevanten Aktivitäten zweckmäßigen Kategorien zugeordnet werden. Die Differenzierung der unterschiedlich ausgerichteten Aktivitäten (die zudem weitestgehend von außen beobachtbar und objektiv beschreibbar sind) führt jedoch zu der Frage, welche **internen, subjektiven Prozesse** diesen Handlungen zugrunde liegen. Diese Prozesse sind in dem obigen Abschnitt über die Zielkategorien der Aktivitäten bereits angeklungen: die dort aufgelisteten Zielstellungen der Aktivitäten lassen sich nämlich nicht unmittelbar und eindeutig von außen durch Beobachtung der Person feststellen. Stattdessen sind sie eher im Individuum „intern repräsentiert“, da sie immer ein Empfinden und eine Bewertung der Umgebung durch das Individuum voraussetzen. Von außen beobachtbar sind lediglich die objektiven Ergebnisse einer Handlung (das Fenster ist jetzt geöffnet, Außenluft strömt ein, die Raumtemperatur fällt) wobei die Zielstellung hinter dieser Handlung von außen nur durch Interpretation abschätzbar ist (der Person ist es zu warm, sie möchte es vermutlich kälter haben). Eine scharfe Trennung zwischen dem, was beobachtbare Aktivität und dem, was subjektives Ziel dieser Aktivität ist, hätte das Verständnis des Abschnitts „Aktivitätsziele“ jedoch unnötig erschwert. An dieser Stelle soll aber nun gezielt überprüft werden, ob in der obigen Realitätserzählung Hinweise auf solche internen, subjektiven Begleitprozesse aufzufinden sind.

Bei dieser Suche wird der Schwerpunkt auf diejenigen Handlungen gelegt, die gemäß der obigen Taxonomisierung zu den **Störungskorrekturaktivitäten** zählen. Zwar kann davon ausgegangen werden, dass auch die übrigen Handlungen (wie z.B. zur Toilette gehen oder dem Kollegen vom Wochenende erzählen) einer vergleichbaren, prozessartigen Struktur unterworfen sind, im Kontext dieser Arbeit nehmen jedoch Störungskorrekturaktivitäten - insbesondere jene, die den Energiehaushalt des Gebäudes beeinflussen - eine besondere Rolle ein. Auf ihnen liegt daher der Schwerpunkt der Betrachtung, wobei die Ergebnisse dieses Analyseschritts weitestgehend auf andere Handlungstypen übertragbar sind.

4.3.11.1 Prozessauslösende Ereignisse

Aus der Beschreibung des Tagesablaufs können zunächst zwei Hauptelemente extrahiert werden, welche die Voraussetzung für die Durchführung jeder zielgerichteten Handlung sind: **Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse**. Die hier getroffene Unterscheidung zwischen Wahrnehmung und Bewertung liegt darin, dass die Umwelt durch das Individuum zunächst zur Kenntnis genommen, d.h. wahrgenommen wird und dabei ggf. mit einer Intensitätsgröße behaftet ist („sehr intensiv“, „ziemlich laut“, „sehr gefährlich“). Diese Beschreibung ist noch weitestgehend neutral und nicht wertend. Die Wahrnehmung der Umgebungsbedingungen ist jedoch die Voraussetzung für die Existenz der zuvor in Abschnitt 4.3.6.6 auf Seite 113 beschriebenen (spezifischen) **mentalene Zustände** des Individuums („mir ist warm“, siehe Tabelle 36).

Eine gewichtigere Rolle als die bloße Wahrnehmung nimmt jedoch der anschließende Prozess der **Bewertung** ein („mir ist **zu** warm“, „es ist **zu** gefährlich“). Bereits in Abschnitt 4.3.6.7 auf Seite 113 wurde die Vermutung dargestellt, dass Wahrgenommenes stets vor dem Hintergrund der entsprechenden Bedürfnisse des Individuums bewertet wird. Es kann also davon ausgegangen werden, dass z.B. Intensitäten von Umgebungsbedingungen, welche die momentanen, entsprechenden Bedürfnisse ausreichend befriedigen, zu positiven Bewertungen führen und umgekehrt („... *Mittlerweile ist es auch schon **warm genug** im Raum ...*“, „... ***genügend Licht** eintritt, um am Schreibtisch arbeiten zu können.*“). Analog führt z.B. eine Sicherheitssituation, welche das Sicherheits-

Tabelle 36

Beispiele aus der Realitätserzählung für Wahrnehmungsprozesse.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Wahrnehmungsprozesse	<p>„... und ich auch merke, dass es im Büro so sehr warm gar nicht ist“ „Da die Strahlen im Moment sehr intensiv sind ...“ „... ist es jedoch um das Gebäude herum häufig ziemlich laut.“ „... ist es auch entsprechend laut in meinem Arbeitszimmer.“ „Ich betrete also meinen Raum und er erscheint mir in diesem Augenblick noch wärmer als zuvor.“ „Sobald ich einige Zeit sitze und der Körper sich von der Anstrengung erholt hat fange ich sogar an zu frieren“</p>

bedürfnis ausreichend befriedigt, zu einer entsprechend positiven Bewertung (sodass die Fenster über Nacht z.B. geöffnet bleiben können).

4.3.11.1.1 Aktuelle Wahrnehmung und Bewertung bei Instandsetzungsaktivitäten

Häufig besteht das prozessauslösende Ereignis aus der **aktuellen** Wahrnehmung und Bewertung der Umwelt und ihrer Eigenschaften. Ist dies der Fall, so werden die darauf folgenden Handlungen zu den bereits oben beschriebenen **Instandsetzungsaktivitäten** (4.3.10.4.1 auf Seite 160) gezählt.

Es kann z.B. sein, dass die Behaglichkeitsbedürfnisse in der aktuellen Situation nicht mehr befriedigt werden. Es ist also momentan z.B. kalt im Raum, was durch das Individuum wahrgenommen und daraufhin ggf. als „zu kalt“ oder als „unbehaglich kalt“ bewertet wird. Oder das Individuum sieht die Schadenfreiheit des Gebäudes aktuell gefährdet, z.B. durch die Beobachtung, wie der Regen durch das geöffnete Fenster eindringt und das Papier auf dem Tisch aufzuweichen beginnt oder dadurch, dass es sieht und hört, wie der herabgelassene Sonnenschutz durch den Wind stark bewegt wird oder gegen das Fenster schlägt. Oder das Individuum stellt fest, dass die Büros im Gebäudeflügel gegenüber besetzt sind und somit ein Sichtkontakt zu anderen Individuen möglich ist und fühlt sich dabei unbehaglich, da sein Bedürfnis nach Privatheit nicht ausreichend befriedigt ist. Diese Beispiele zeigen, dass die Wahrnehmung und Bewertung unterschiedlicher Elemente der Umwelt (z.B. die Umgebungsbedingungen, das Gebäude, der eigene physische oder mentale Zustand) Auslöser für Handlungsprozesse sein können. Es liegt dabei die Vermutung nahe, dass genau jene Bereiche der Umwelt **Aufmerksamkeit** erregen, deren Eigenschaften die Befriedigung der individuellen Bedürfnisse nicht mehr ermöglichen.

4.3.11.1.2 Prognose von Wahrnehmung und Bewertung bei Vermeidungsaktivitäten

Handlungen werden jedoch nicht ausschließlich durch die aktuelle Wahrnehmung der Umwelt ausgelöst. Es wurde bereits gezeigt, dass neben den Instandsetzungsaktivitäten auch **Vermeidungsaktivitäten** existieren, die per definitionem nicht durch eine aktuelle Bewertung, sondern durch die **Prognose** kommender Zustände und deren Bewertung ausgelöst werden.

Hierzu zählen z.B. die terminierenden Störungskorrekturaktivitäten, d.h. Handlungen, die beim Verlassen des Raums durchgeführt werden und deren Ziel sich dabei auf einen Zeitpunkt in der Zukunft bezieht. Hierfür können z.B. das Behaglichkeitsbedürfnis oder auch das Sicherheitsbedürfnis auslösend sein. Auch bei Vermeidungsaktivitäten, die der Gesunderhaltung dienen, muss eine potenzielle Gesundheitsgefährdung vorhergesehen werden, um dieser Gefahr mit entsprechenden Handlungen entgegenwirken zu können. Diese Beispiele zeigen wie zuvor, dass die Antizipation von Zuständen der unterschiedlichen Komponenten der Umwelt handlungsauslösend sein kann.

Festzuhalten ist, dass es eines auslösenden Ereignisses bedarf, welches entweder aus der Wahrnehmung und Bewertung eines aktuellen oder aus der Bewertung eines antizipierten, zukünftigen Zustands besteht. Erst auf der Basis einer Bewertung können also Störungskorrekturhandlungen ausgelöst werden. Diese wichtige Stellung des Bewertungsvorgangs erfordert es, noch einmal klar aufzuzeigen, dass Bewertungen nicht einheitlich erfolgen, sondern bedürfnisspezifische Unterschiede aufweisen. Dafür sollen die bereits definierten Anforderungen an die Intensitätsbereiche (wie z.B. die „gewünschte Intensität“, siehe auch Abbildung 41 auf Seite 145) im folgenden Abschnitt unter dem Begriff der Referenzsysteme formal zusammengeführt werden.

4.3.11.2 Referenzsysteme für die Bewertung

Um konkrete Handlung beeinflussen zu können (z.B. auslösen oder auch verhindern zu können), müssen mehr oder weniger konkrete Grenzwerte existieren, welche entweder unter- oder überschritten werden können und anhand derer eine Bewertung (wie z.B. „ausreichend befriedigend“) erfolgen kann. In diesem Zusammenhang lassen sich die verschiedentlich bereits definierten Anforderungen an die Intensität der Umgebungsbedingungen zu **Referenzsystemen** zusammenführen. Die Eigenschaften dieser Referenzsysteme werden dabei durch den

Blickwinkel bestimmt, aus dem eine Grenzziehung erfolgt (d.h., aus welcher Perspektive die Umgebungsbedingungen z.B. als „ausreichend befriedigend“ bewertet werden).

Die Tabelle 37 illustriert am Beispiel der Sonnenschutznutzung die Relevanz unterschiedlicher Referenzsysteme für die Festlegung von Grenzwerten. Offenbar werden Umgebungsbedingungen also nicht nach einer allgemeingültigen Referenz, sondern - in Übereinstimmung mit den bereits identifizierten Zielen von Störungskorrekturaktivitäten - vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Zielstellungen „Behaglichkeit“, „Funktionalität“ und „Integrität“ bewertet. Da die zugehörigen Ziele in den jeweils entsprechenden Bedürfniskategorien des Individuums wurzeln, kann daraus gefolgert werden, dass **Referenzsysteme spezifisch für die identifizierten Bedürfnisse** sind (d.h. für jedes Bedürfnis besteht ein eigenes Referenzsystem).

Tabelle 37

Beispiele aus der Realitätserzählung für unterschiedliche Referenzsysteme mit Einfluss auf die Verwendung des Sonnenschutzes.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Behaglichkeit	„Als erstes ... und schließe den Sonnenschutz , damit möglichst schnell erträgliche Bedingungen entstehen.“
Funktionalität	„... Sonnenschutzes eigentlich brauchbar: er besteht aus Lamellen, die sich drehen lassen, sodass der Tisch zwar verschattet werden kann, aber dennoch genügend Licht eintritt, um am Schreibtisch arbeiten zu können.“
Schadenfreiheit	„... wird der Wind nun so stark , dass ich sogar zusätzlich den Sonnenschutz hochziehen muss, da er anfängt im Wind zu schlagen und droht, kaputt zu gehen ...“
Privatheit	„... dann ziehe ich den Sonnenschutz ganz hoch , allein schon deshalb, weil ich den Blick nach draußen angenehmer finde als den Blick auf den Sonnenschutz (immerhin blicke ich auf die Pinakothek und die zugehörigen Wiesen, ohne jedoch, dass mir jemand ernsthaft in den Raum blicken könnte - was ich nicht mögen würde ...“

Diese Unterscheidung ist von enormer Bedeutung für die Vorhersage von Interaktionshandlungen, da sie zeigt, dass Nutzer eben nicht in Abhängigkeit einheitlicher Grenzwerte interaktiv eingreifen. Ein Individuum schließt den Sonnenschutz z.B. entweder, da ihm die Sonnenstrahlen zu warm sind oder da sie störende Blendungen auf dem Monitor hervorrufen. In beiden Fällen wird aufgrund unterschiedlicher Referenzsysteme entschieden und es wäre Zufall, wenn die jeweiligen Grenzwerte der zwei Referenzsysteme identisch wären. Ob Blendung überhaupt eine Rolle spielt hängt darüber hinaus offenbar von der Art der funktionalen Aktivität ab, was zeigt, dass konkrete Eigenschaften der Referenzsysteme von konkreten Eigenschaften der Aktivität mitbestimmt werden. Diese Beispiele, die hier nur auszugsweise dargestellt sind, belegen einmal mehr, dass statistische Methoden, die lediglich auf die Art und die Intensität der Umgebungsbedingungen eingehen, für die Vorhersage von Handlungen systematisch unzureichend sein müssen. Die unterschiedlichen Grenzwerte aufgrund unterschiedlicher Referenzsysteme können in diesen Modellen lediglich als stochastische Schwankungen auftauchen.

4.3.11.3 Zieldefinition ZD

Damit die Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse in eine Aktivität münden können, muss auf die Bewertung die **Formulierung eines Handlungsziels** in Bezug auf die Umgebungsbedingungen folgen. Dies ist hier nicht noch einmal explizit am Text belegt worden, die verschiedenen Zielstellungen wurden jedoch oben bereits untersucht und dokumentiert (z.B. können Ziele darin bestehen, dass es „heller“, „leiser“, „wärmer“, „frischer“ oder „sicherer“ sein soll).

4.3.11.4 Handlungsplanung HP

Ist der Prozess einmal durch die Bewertung bedürfnisrelevanter Eigenschaften der Umwelt initiiert, so kommen in der Folge zusätzliche Aspekte dazu: Dabei handelt es sich um all jene Eigenschaften, die in den zurückliegenden Abschnitten taxonomisiert wurden. Hierzu zählt z.B. die Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente, die Defektanfälligkeit und Handhabbarkeit der regulativen Ausstattungselemente, die

Durchlässigkeitseigenschaften der Kleidung oder die Lage und die Struktur des Gebäudes. Somit erfährt die bisher durchgeführte, umfangreiche Taxonomisierung der einzelnen Kategorialbereiche insbesondere dadurch ihre Nützlichkeit, dass sie den Gegenstand der Wahrnehmung und der Bewertung und damit die Grundlage der Handlungen des Individuums differenziert darstellt.

Die Ergebnisse dieser Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse sind offenbar die **informativische Basis** für einen **planvollen Prozess einer Lösungsfindung** im Sinne des definierten Ziels. Im Zuge dieses Lösungsprozesses werden Bedürfnisse und damit Referenzsysteme gegeneinander abgewogen und vermutlich in eine Präferenz-Rangfolge gebracht: Fällt z.B. die Handhabbarkeit des Sonnenschutzes für das eine Individuum schlechter aus als für das andere Individuum (bedingt z.B. durch Unterschiede der motorischen Kompetenzen), werden ggf. höhere Intensitäten der Sonnenstrahlung toleriert, bevor eine Interaktionshandlung erfolgt. Dies kann als Folge eines Abwägungsprozesses interpretiert werden, bei dem das Bedürfnis nach Behaglichkeit zugunsten des Bedürfnisses nach Handlungseffizienz (von welcher die Handhabbarkeit ein Teilelement ist) zurückgestellt wird (im Sinne der Frage: Ist der Aufwand lohnend?). Dieser Abwägungsprozess läuft darauf hinaus, zu ergründen, welche die effizienteste Handlung - unter verschiedenen **Handlungsoptionen** - zur Befriedigung der vielfältigen Bedürfnisse des Individuums ist (siehe Abschnitt 4.3.9.2.6 auf Seite 145).

Dieser Abwägungsprozess tritt das ein oder andere Mal innerhalb der Realitätserzählung auf, Beispiele hierfür finden sich in Tabelle 38. Sie betreffen alle eingeführten Kategorialbereiche, also neben den Umgebungsbedingungen auch das Individuum (I), das Gebäude (G) und die später noch näher analysierten überindividuellen Nutzungssysteme (ÜINS).

Tabelle 38

Beispiele aus der Realitätserzählung für den Prozess der Handlungsplanung (HP) des Individuums.

Merkmal	Beispielhafter Textauschnitt
Handlungsplanung	„... ich überlege , ob es Sinn macht, das Fenster zu öffnen.“ „Ich überdenke also ... die Möglichkeit, einen heißen Tee oder Kaffee zu trinken. Der Effekt ist jedoch nur sehr kurz andauernd, ... Für wirkungsvoller und dauerhafter halte ich es , die Heizung an- bzw. höherzustellen. Aber tatsächlich ...“ „Da ich keinen Pulli trage kann ich mich keiner Kleidung mehr entledigen (ohne komisch zu wirken). Die Sonne scheint außerdem schon lange nicht mehr in mein Zimmer, der Sonnenschutz ist ohnehin noch unten , sodass jetzt die Lamellen weiter zuzudrehen vermutlich auch nicht den erhofften Effekt erbringen würde (nämlich, dass mir nicht mehr zu warm ist). Da ich die Heizung heute noch nicht angemacht habe, bleibt mir die Alternative etwas Kühles zu trinken, oder das Fenster zu öffnen.“

4.3.11.5 Entscheidung und Durchführung

Am Endpunkt einer Planentwicklung erfolgt dann die **Entscheidung**, entweder für eine der möglichen Handlungsoptionen und anschließend deren **Durchführung**, oder - falls keine der Handlungsoptionen befriedigend erscheint - für die **Passivität**. Der Punkt der Entscheidung für oder gegen eine Aktivität ist in der Realitätserzählung häufig nicht eindeutig identifizierbar, Aussagen wie „**Also öffne ich das Fenster**“ oder „**Ich entscheide mich also dafür, das Fenster lieber zu schließen**“ belegen jedoch seine Existenz. Die verschiedenen Arten der Aktivitäten, die daraufhin folgen können, wurden bereits oben dargestellt.

Ein denkbarer Prozessablauf könnte somit eine Form annehmen wie in der Abbildung 45 dargestellt. Diese Abbildung stellt den Ablauf dar, der von der Prozessauslösung ausgehend zu der Definition eines Störungskorrektur-Ziels führt. Der Startpunkt des Prozesses ist dabei - in Übereinstimmung mit dem Abschnitt 4.3.11.1 - zweigeteilt dargestellt. Die einzelnen Kategorialbereiche sind dort übereinander dargestellt, um zu symbolisieren, dass i.d.R. nur einzelne, jedoch je nach Bedürfnis unterschiedliche Kategorialbereiche wahrgenommen und bewertet werden. Im Zuge der Entwicklung eines Handlungsplans werden dann vielfältige Informationen bewertet, welche die Eigenschaften der Umgebungsbedingungen, des Gebäudes, des Individuums und der überindividuellen Nutzungssysteme betreffen. Die Quintessenz dieser planvollen Überlegungen ist die Entscheidung für eine konkrete Handlung (d.h. gegen die übrigen überdachten Handlungen) und eine entsprechende Durchführung dieser Handlung oder - diese Möglichkeit ist stets denkbar - die Entscheidung für die Passivität.

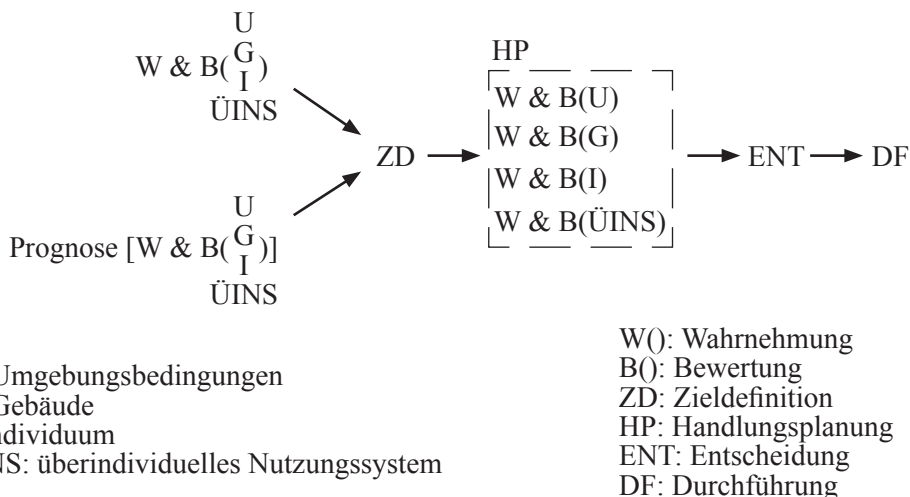


Abbildung 45

Vorläufiger Prozessablauf einer Störungskorrekturhandlung, angefangen von der Wahrnehmung und Bewertung bis zur Durchführung einer Handlung.

4.3.11.6 Sammlung zusätzlicher Informationen durch gezielte Orientierung und Prognosen auf der Basis der Orientierungsergebnisse

Der in Abbildung 45 dargestellte Prozess ist jedoch unvollständig. Planungsüberlegungen, die das Ziel haben, sich für oder gegen bestimmte Handlungsoptionen zu entscheiden, erfordern die **Antizipation eines zukünftigen, erreichbaren Zielzustands**. Für zielgerichtete Handlungen muss also ein zukünftiger Zustand mit einer genügend hohen Sicherheit vorhergesagt werden können. Dies betrifft sowohl Instandsetzungsaktivitäten - denn dann muss der potenzielle Zielzustand nach einer ins Auge gefassten Handlung vorhergesagt werden - als auch Vermeidungsaktivitäten - denn dann muss zusätzlich der potenzielle Zielzustand infolge von Passivität vorhergesagt werden.

Entsprechend lassen sich in der obigen Realitätserzählung Teilaspekte auffinden, welche der Planausbildung dienlich sind. Wichtig erscheint hier die **Orientierung** im Sinne einer möglichst objektivierten Sammlung

Tabelle 39

Beispiele aus der Realitätserzählung für die Orientierungsprozesse des Individuums.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Orientierung	<p>„... und mein erster Blick gilt dem Thermometer. Die Temperaturanzeige des Innenraumthermometers bestätigt ...“</p> <p>„Ich checke also die Außentemperatur über mein Thermometer, werfe einen Blick nach draußen oder gehe kurz auf den Balkon, um einen Eindruck von den Bedingungen zu bekommen. ... „Ich kleide mich also gemäß meiner Erwartung kalter Temperaturen (allerdings nicht „eis“-kalter Temperaturen) ...“</p> <p>„Ich schaue beim Frühstück auf die Uhr und stelle fest, dass es Zeit wird aufzubrechen, wenn ich nicht allzu spät ankommen möchte“</p> <p>„Ist mein Eindruck, dass ich ihn später wieder benötigen könnte (weil ich den Himmel betrachte und mir vorstellen kann, dass die Sonne vielleicht doch noch mal rauskommt) ...“</p> <p>„Habe ich dagegen den Eindruck, dass ich den Sonnenschutz nicht mehr benötige (da ich sehe, dass der Himmel total zugezogen ist und die Sonne vermutlich nicht mehr rauskommt) ...“</p> <p>„... wenn die Außenluft nicht kühler ist als die Innenraumluft (was ich aber ohnehin nicht zweifelsfrei feststellen kann, da ich ja keine Messungen durchführe) empfinde ...“</p> <p>„... da es ohnehin schon Nachmittag ist, gehe ich davon aus, dass heute niemand mehr den Besprechungsraum benutzen wird.“</p> <p>„... der Blick zum Himmel bestätigt, dass sich ein Gewitter ankündigt ...“</p> <p>„... prüfe ob ich für die Zeit meiner Abwesenheit den Sonnenschutz unten und das Fenster geöffnet lassen kann ...“</p> <p>„... ich schaue mir die Wettervorhersage an und entscheide auf dieser Basis, oder, falls ich schon sehe, dass Gewitterwolken aufziehen, gehe ich davon aus, dass es regnen wird oder, auch eine Möglichkeit, ich schließe aus der Tatsache dass es letzte Nacht nicht geregnet hat einfach, dass es diese Nacht wohl auch nicht regnen wird.“</p> <p>„... schließe ich jedoch - wenn sich ein warmer Tag ankündigt - die Rollläden der Wohnung ...“</p>

von Informationen und Daten. Tabelle 39 enthält hierzu einige Beispiele aus der obigen Realitätserzählung. Die Beispiele machen klar, dass in diesen Fällen ein deutlicher Unterschied zu der bloßen sensorischen Wahrnehmung der Umwelt existiert: In der Mehrheit dokumentieren die Textauschnitte, dass **zielgerichtet** nach **Informationen gesucht** wird, um Aktivitätsentscheidungen zu objektivieren.

Konsequenterweise und im Sinne dieser Bemühungen logisch, basieren auf diesem Orientierungsprozess wiederum **Prognosen** möglicher, zukünftiger Zustände („*allzu spät ankommen*“, „*wird wohl nicht regnen*“). In Tabelle 40 sind diese Prognosen, die auf die Orientierungsprozesse folgen, noch einmal hervorgehoben.

Tabelle 40
Beispiele aus der Realitätserzählung für Prognosen, die aus Orientierungsprozessen abgeleitet werden.

Merkmal	Beispielhafter Textauschnitt
Prognosen	„Ich checke also die Außentemperatur über mein Thermometer, werfe einen Blick nach draußen oder gehe kurz auf den Balkon, um einen Eindruck von den Bedingungen zu bekommen. ... „ Ich kleide mich also gemäß meiner Erwartung kalter Temperaturen (allerdings nicht „eis“-kalter Temperaturen) ... “ „Ich schaue beim Frühstück auf die Uhr und stelle fest, dass es Zeit wird aufzubrechen, wenn ich nicht allzu spät ankommen möchte “ „ Ist mein Eindruck, dass ich ihn später wieder benötigen könnte (weil ich den Himmel betrachte und mir vorstellen kann, dass die Sonne vielleicht doch noch mal rauskommt) ...“ „Habe ich dagegen den Eindruck, dass ich den Sonnenschutz nicht mehr benötige (da ich sehe, dass der Himmel total zugezogen ist und die Sonne vermutlich nicht mehr rauskommt) ...“ „... da es ohnehin schon Nachmittag ist, gehe ich davon aus, dass heute niemand mehr den Besprechungsraum benutzen wird. “ „... der Blick zum Himmel bestätigt, dass sich ein Gewitter ankündigt ...“ „... falls ich schon sehe, dass Gewitterwolken aufziehen, gehe ich davon aus, dass es regnen wird oder, auch eine Möglichkeit, ich schließe aus der Tatsache dass es letzte Nacht nicht geregnet hat einfach, dass es diese Nacht wohl auch nicht regnen wird. “

Wodurch ein solcher Orientierungsprozess ausgelöst wird, kann nicht eindeutig aus der Realitätserzählung geschlossen werden. Denkbar ist, dass dies entweder spontan geschieht oder von dem Prozess der Handlungsplanung bei Bedarf „angefordert“ wird. Es scheint auf den ersten Blick so, dass diese Art Datensammlung bei Störungskorrekturaktivitäten vornehmlich im Zusammenhang mit **Vermeidungsaktivitäten** auftritt. Insbesondere wäre dies also der Fall, wenn das Individuum Vorsorge für einen Zeitraum in der Zukunft treffen muss, während dessen es absehbar nicht oder nur eingeschränkt agieren kann (z.B. vor dem Verlassen der Wohnung: Jalousie & Fenster der Wohnung und Kleidung für die Arbeit, vor dem Verlassen des Büros: Sonnenschutz & Fenster). In diesem Fall sind es nicht aktuelle und unmittelbar beurteilbare Zustände, welche die Aktivität bestimmen, sondern Zustände, deren zukünftige Eigenschaften beurteilt werden müssen. Hierfür ist die Generierung zusätzlicher Informationen notwendig.

Tatsächlich kann dieser Orientierungsprozess jedoch auch bei **Instandsetzungsaktivitäten** eingesetzt werden: Beispielsweise hilft der Blick zum Himmel, um festzustellen, dass dieser lückenlos bedeckt ist und es sich somit nicht lohnt den Sonnenschutz herabzuziehen, obwohl dem Individuum zu warm ist. Die Information, dass draußen Minusgrade herrschen (Thermometer) oder dass es draußen extrem stürmisch ist (Blick aus dem Fenster) bewahren das Individuum davor, das Fenster weit aufzureißen, obwohl ihm aktuell zu warm ist (um es dann augenblicklich wieder zu schließen/ zu kippen da es augenblicklich zu kalt oder zu stürmisch im Raum wird).

Die Qualität und Zuverlässigkeit der durch Orientierung gesammelten Informationen erhöhen dabei die Verlässlichkeit der daraus abgeleiteten Prognosen. Dies ist insbesondere dann erheblich, wenn prognostizierte Konsequenzen gegeneinander abgewogen werden müssen.

4.3.11.7 Erprobte Handlungsstrategien

Neben dem Orientierungsprozess lässt sich noch ein zweiter Aspekt aus der Realitätserzählung isolieren, der ebenfalls die Handlungsplanung unterstützt. Es handelt sich hierbei um den häufig artikulierten Zugriff auf be-

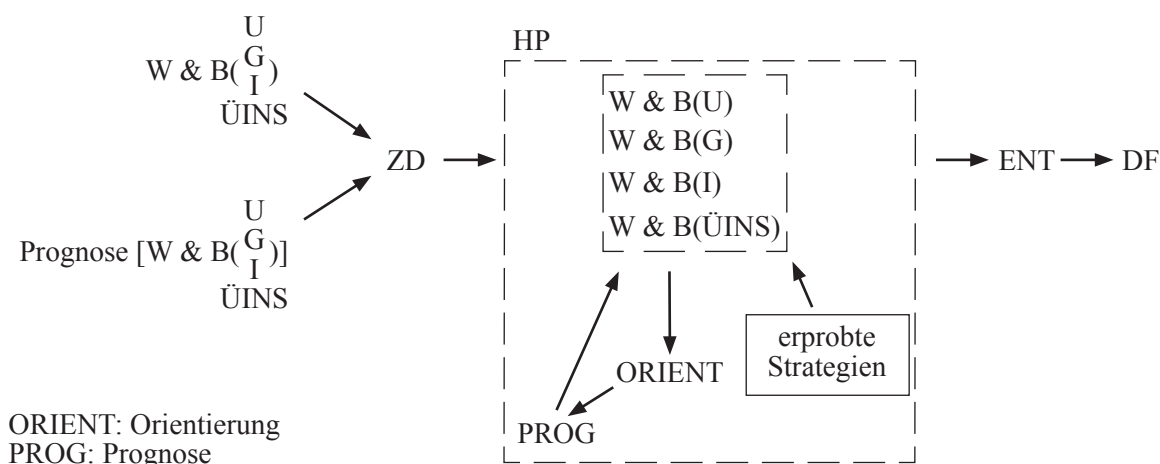
kannte und offenbar in der Vergangenheit erprobte **Strategien**. Damit sind Handlungen zur Störungskorrektur gemeint, die in der Vergangenheit bereits angewendet wurden und mit deren Wirkungsweise daher Erfahrungen vorliegen. Allerdings muss festgehalten werden, dass hiermit nicht nur günstige, „funktionierende“ Strategien gemeint sind, sondern eben auch das routinierte Vermeiden unzumutbarer Handlungen oder das vollkommene Unterlassen von Handlungen. Der Begriff „erprobt“ ist somit neutral zu verstehen und dokumentiert also letztlich die **Erfahrung** mit bestimmten Aktivitäten und ihren Resultaten. Beispielhafte Strategieerwähnungen aus der Realitätserzählung sind in Tabelle 41 dargestellt. Auch in diesem Fall lässt sich aus der Realitätserzählung nicht eindeutig ablesen, welche Bedingungen zur Anwendung erprobter Strategien führen. Es scheint jedoch so zu sein, dass sie praktisch in jede Aktivität zur Störungskorrektur einfließen können. D.h. Strategien können sowohl im Zuge von Instandsetzungsaktivitäten als auch im Zuge von Vermeidungsaktivitäten angewandt werden. Die Beispiele legen darüber hinaus nahe, dass diese Routinen mit unterschiedlicher **Regelmäßigkeit** angewandt werden („häufig“, „üblicherweise“, „grundsätzlich“).

Tabelle 41

Beispiele aus der Realitätserzählung für erprobte und mehr oder weniger regelmäßig angewandte Handlungsstrategien.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
erprobte Strategien	„... ich mich zumindest morgens nicht weiter um die Maßeinteilung des Thermostats kümmere, sondern die Heizung tatsächlich bis zum Anschlag öffne.“ „... aber das Aufstehen, das Hochziehen mit der Schnur, das alles ist manchmal so mühsam, dass ich das üblicherweise erst auf mich nehme, wenn ich ansonsten nicht weiterarbeiten könnte.“ „... im Winter öffne ich üblicherweise nur den untersten Teil, da es ansonsten schlagartig kalt wird im Raum.“ „Aber tatsächlich vermeide ich jedoch wenn möglich , meine Heizung zu verwenden.“ „ Ich neige dazu , die Tischleuchte zu benutzen, wenn ich mehr Licht benötige.“ „Zu ziemlich regelmäßigen Zeiten gehe ich entweder mit den Kollegen in die Mensa ...“ „Gerade im Sommer trinke ich viel Wasser oder Tee ... da ich weiß , dass das Wasser kühler als mein Körper ist und ihm somit Energie entzieht.“ „... dass ich im Sommer und Winter mehr und häufiger trinke und somit häufiger in die Küche gehe als im Frühjahr .“ „Das untere Kipfenster öffne ich immer als erstes wenn ich lüften will ...“ „Das mittlere Fenster öffne ich zusätzlich, wenn mir das Öffnen des unteren Fensters nicht ausreicht.“ „Im Sommer lass ich das obere Fenster tatsächlich sogar häufig über Nacht offen.“ „Da mein Wunsch ist, dass die Wohnung abends und vor allem nachts möglichst kühl ist, schließe ich jedoch ... die Rollläden der Wohnung üblicherweise morgens vor dem Verlassen zu dreiviertel und öffne die Fenster auf Kipp.“ „Im Sommer schlafe ich grundsätzlich mit weit geöffnetem Fenster ...“

Sowohl die Orientierungs- und die Prognoseprozesse als auch die Anwendung erprobter Strategien müssen innerhalb des zuvor in Abbildung 45 dargestellten Gesamtprozesses verortet werden. Dies ist in der folgenden Abbildung 46 dargestellt.



ORIENT: Orientierung
 PROG: Prognose

Abbildung 46

Erweiterter Prozessablauf einer Störungskorrekturhandlung, inklusive der für die Handlungsplanung wichtigen Zusatzelemente Orientierung, Prognose und „erprobte Strategien“.

Die Anordnung der Pfeile in dieser Darstellung dokumentiert nun nicht mehr primär die bloße Prozessreihenfolge, sondern viel mehr die Richtung des **Informationsflusses**. Von der Initiierung des Prozesses ausgehend werden dabei Informationen weitergeleitet, die eine Zieldefinition ermöglichen. Diese Definition wird wiederum an die Handlungsplanung weitergeleitet, um die Möglichkeiten der Zielerreichung auszuloten. Die „Handlungsplanung“ leitet dann ggf. Informationen an den „Orientierungsprozess“ weiter (z.B. welche Informationen werden benötigt?) während die Ergebnisse dieses Prozesses wiederum für die „Prognose“ verwendet und deren Ergebnisse schließlich an den „Handlungsplanungsprozess“ zurückgeleitet werden. Zusätzlich fließen Informationen aus „erprobte Strategien“ dem „Handlungsplanungsprozess“ zu. „Erprobte Strategien“ ist in der Darstellung eingekästelt dargestellt, um es von den Prozessen abzugrenzen und als eine Art *Speicher* zu kennzeichnen.

4.3.11.8 Verortung individueller Eigenschaften innerhalb des Handlungsprozesses

In Abschnitt 4.3.6 auf Seite 112 wurden verschiedene individuelle Eigenschaften dargestellt, welche in der Lage sind, den Handlungsprozess auf typische Weise zu beeinflussen. Ein großer Teil davon beeinflusst den Handlungsprozess jedoch nur indirekt, indem er die konkrete Ausprägung der bisher aufgeführten Elemente des Handlungsprozesses beeinflusst. Z.B. wirken sich eine Reihe von Aspekten auf die individuelle Wahrnehmung und Bewertung von Umgebungsbedingungen aus: der physische Adaptationsgrad, die Bekleidung, die sensorische Kompetenz, u.v.m. Andere Aspekte wirken sich auf die Durchführung und deren Planung aus, z.B. die motorische Kompetenz oder der physische Zustand. Diese Zusammenhänge wurden bereits dargestellt und sollen daher in dieser Prozessdarstellung nicht wiederholt werden. Darüber hinaus existieren jedoch auch Eigenschaften, die durch **Informationsfluss** einen unmittelbaren Einfluss auf den Handlungsprozess nehmen, diesen somit entscheidend beeinflussen und daher hier dargestellt werden sollen.

4.3.11.8.1 Verortung von „Erfahrungen“ innerhalb des Handlungsprozesses

„Erfahrungen“ wurden in den zurückliegenden Abschnitten bereits vielfach beschrieben und analysiert. Sie wurden als grundlegende Eigenschaft des Individuums eingeführt (Abschnitt 4.3.6.9 auf Seite 114) und später hinsichtlich ihrer interrelativen Beziehungen zu den Eigenschaften der Umgebungsgrößen (Abschnitt 4.3.7.5 auf Seite 130) und des Gebäudes (Abschnitt 4.3.8.7 auf Seite 138) analysiert.

Im Laufe der Nutzung des Gebäudes sammelt das Individuum jedoch darüber hinaus auch eine Reihe von Erfahrungen bezüglich der **Verknüpfung** der Eigenschaften des Gebäudes mit den Eigenschaften der Umgebungsbedingungen des Innenraums und den Eigenschaften des Individuums. Dies geschieht in erster Linie durch das hier beschriebene **interaktive Handeln**.

Nur auf der Basis der durch Handlung gesammelten Erfahrungen lassen sich zukünftige Handlungen zielgerichtet und effizient planen und durchführen. Für die Durchführung von Handlungen werden also Erfahrungen aus früheren Handlungen durch Prognosen in die Zukunft extrapoliert. So gehört es z.B. zum anwendbaren Erfahrungsschatz der meisten Menschen, dass das Öffnen des Fensters zum Einströmen von Außenluft, das Aufdrehen der Heizung zur Abgabe von Wärme und das Anziehen eines Pullovers zur Verringerung von Wärmeverlusten des Körpers führt. Da alle bisher in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Interrelationen zwischen Individuum, Umgebungsbedingungen und Gebäude die Perspektive eines erwachsenen Individuums einnehmen (und eben nicht eine objektive, wissenschaftliche Perspektive), kann davon ausgegangen werden, dass eben auch all diese beschriebenen Interrelationen zum Erfahrungsschatz eines gesunden Erwachsenen in seiner gewohnten Umgebung zählen. So ist z.B. die Annahme plausibel, dass ein Individuum nicht nur weiß, dass durch das Öffnen des Fensters Außenluft in den Raum eindringt, sondern auch, dass der Kühleffekt dabei im Winter üblicherweise größer als im Sommer ist (als beispielhafter Bezug zur Effektgröße einer Handlung).

Die fundamentalen Erfahrungszusammenhänge sind für das Individuum vermutlich generalisierbar, d.h. zwischen verschiedenen Umgebungen übertragbar. D.h. z.B., dass einem Individuum klar ist, dass der fundamentale Zusammenhang zwischen geöffnetem Fenster und eindringender Luft sowohl für das Büro in

dem es arbeitet, für die Wohnung in dem es wohnt und für das Hotel in dem es Urlaub macht Gültigkeit besitzt. Unterschiede mögen dabei zwischen verschiedenen Kulturkreisen herrschen. Die konkreten Eigenschaften dieser Zusammenhänge sind jedoch immer spezifisch für die Kombination aus konkreten Umgebungs-, Gebäude- und Individualeigenschaften, sodass ein Individuum auch immer spezifische Erfahrungen machen muss.

Erfahrungen lassen sich jedoch nicht nur ausschließlich durch den aktiven Umgang mit den Ausstattungselementen des Gebäudes oder der eigenen Kleidung machen. Auch das passive Erleben der Umwelt - z.B. der Auswirkungen der unveränderbaren Gebäudeeigenschaften auf die Innenraum-Umgebungsbedingungen - kann als Erfahrung abgelegt werden. So betrachtet führt also auch das Unterlassen von Handlungen zum Aufbau eines spezifischen Erfahrungsschatzes. Aus diesen Erfahrungen können ggf. landläufige, qualitative Einschätzungen entstehen, wie z.B. „ein Altbau ist kühl und undicht“ oder „ein Neubau ist eng“. Aus der Realitätserzählung lassen sich hierzu eindeutige Beispiele extrahieren, z.B. für die Raumlage innerhalb des Gebäudes und deren Auswirkungen auf die Bedingungen im Innenraum (siehe Abschnitt 4.3.5.7 auf Seite 107): Z.B. wird ein Eckraum mit großer Verglasung während des Sommers im Tagesverlauf erwartungsgemäß sehr warm. Dabei ist die Annahme plausibel, dass bereits die Wahrnehmung dieser Gebäudemerkmale zu der Erwartung eines bestimmten Zustands führt, bevor er eingetreten ist. Dazu zählt z.B. der Zustand eines geringeren Heizbedarfs, höherer Schallimmissionen, schlechterer Luftqualität, höherer, sommerlicher Temperaturen usw. Natürlich können auch konkrete, persönliche Erfahrungen mit diesen Zusammenhängen zu dieser Erwartung führen. Das bedingt häufig, dass Maßnahmen ergriffen werden, um das Eintreten dieses antizipierten Zustands zu verhindern, z.B. durch das Abstellen der Heizung, das Schließen des Fensters oder das Herablassen der Rollläden beim Verlassen der Wohnung („... *ich kontrolliere, ob die Fenster geschlossen und die Heizkörper tatsächlich ausgeschaltet sind.*“, „... *schließe ich jedoch - wenn sich ein warmer Tag ankündigt - die Rollläden der Wohnung üblicherweise morgens ...*“). Diese Annahmen und Beispiele befinden sich offensichtlich in Übereinstimmung mit den Eigenschaften von Vermeidungsaktivitäten und die für sie notwendigen Prognosen zu Beginn des Handlungsprozesses.

Um „Erfahrungen“ innerhalb des Prozesses sinnvoll einordnen zu können, muss nun in einem begrenzten Umfang über ergänzende Elemente des Gesamtprozesses spekuliert werden. Deren Existenz lässt sich nicht in jedem Fall direkt aus der Realitätserzählung ableiten, jedoch führt ein logischer Weg von den Anteilen „Orientierungs- und Prognoseprozesse“ und „erprobte Strategien“ hin zu diesen Elementen. Hierbei handelt es sich um die Elemente „**ERwartungen**“ und „**EVALuierung**“. Beide sind in Abbildung 47 auf Seite 176 zur Kennzeichnung ihres hypothetischen Charakters grau eingefärbt.

Der Wert dieser Begriffe und die Notwendigkeit ihrer Einführung werden besonders in Bezug auf die Ausbildung **erprobter Strategien** deutlich. Da im Verlauf des Prozesses die Entscheidung für oder gegen bestimmte Handlungen nur auf Basis einer Prognose (bezüglich z.B. der Handhabbarkeit oder der Wirksamkeit, usw.) getroffen werden kann, muss an jede Entscheidung (ENT) die **Erwartung** (ER) eines zukünftigen (prognostizierten) Zustands geknüpft sein. Der erwartete Zielzustand kann dann mit dem tatsächlich eingetretenen Zustand verglichen und die Effizienz der Handlung (mit all ihren Facetten, siehe Abschnitt 4.3.9.2.6 auf Seite 145) somit im Rahmen einer **Evaluierung** (EVAL) beurteilt werden. Diese Evaluierung lässt dann das Anwachsen eines Erfahrungsspeichers zu. Selbstverständlich benötigen jedoch alle Prognosen, die im Zuge des Handlungsprozesses aufgestellt werden, einen Evaluierungsmechanismus, der Erwartungen mit der eingetretenen Realität vergleicht und eine Bewertung vornimmt. In Abbildung 47 auf Seite 176 deuten die Pfeile diesen gesamten Informationsfluss entsprechend an: Die Ergebnisse der Evaluierung fließen in den Erfahrungspool ein, auf welchen dann wiederum bei Bedarf zugegriffen wird. Der Erfahrungspool ist ebenfalls eingekästelt dargestellt, um seine Speicherqualität anzudeuten. Der gesamte Ablauf von Erprobung, Vergleich, Bewertung und Anwendung gleicht dabei demjenigen eines **Regelkreises**.

Das Sammeln, Speichern und Verarbeiten von Informationen und deren Verdichtung zu Erfahrungen setzt jedoch eine entsprechende mentale Kompetenz voraus. Somit werden alle Teilprozesse, die eine mentale Verarbeitung erfordern - also die Zieldefinition, die Handlungsplanung, die Evaluierung und der Aufbau von Erfahrungsspeichern - durch die mentale Kompetenz beeinflusst. Wie im Abschnitt 4.3.6.11.2 auf Seite 116 dargestellt, kann diese mentale Kompetenz z.B. durch das Alter oder den mentalen Krankheitszustand beein-

flusst werden. Z.B. verfügen demenzkranke Menschen möglicherweise nicht (mehr) über die Fähigkeit, den Sinn bestimmter regulativer Ausstattungselemente ausreichend zu erkennen.

4.3.11.8.2 Die Verortung von „Präferenzen“ und „Toleranzen“ innerhalb des Handlungsprozesses

Präferenzen und Toleranzen wurden als Individualeigenschaften bereits in Abschnitt 4.3.6.8 auf Seite 114 aufgeführt und in späteren Abschnitten in Bezug zu anderen Eigenschaften der Kategorialbereiche gesetzt: Einstellungsbedingte Präferenzen betrafen in der Realitätsanalyse insbesondere den Gebrauch von energieumsetzenden regulativen Ausstattungselementen (Abschnitt 4.3.8.7 auf Seite 138) während sich andere Präferenzen und Toleranzen auf die Kleidung (Abschnitt 4.3.6.11.1.A auf Seite 116) und auf die Bewertung mentaler Zustände auswirkten (Abschnitt 4.3.7.4.4 auf Seite 128). Einstellungen würden sich demgemäß auf die Handlungsplanung auswirken, indem sie beeinflussen, welche Ausstattungselemente in die Planungsüberlegungen bevorzugt einbezogen werden, während sich die Präferenz bezüglich spezifischer mentaler Zustände auf die Bewertung der Intensität von Umgebungsbedingungen auswirken und somit primär die Prozessauslösung beeinflussen würden. Auf diese Striktheit der Trennung gibt die Realitätsanalyse jedoch keine ausreichenden Hinweise, sodass hier eher davon ausgegangen wird, dass individuelle Präferenzen und Toleranzen existieren, die teilweise durch Einstellungen bedingt sind und die sich auf alle Aspekte des Handlungsprozesses auswirken können.

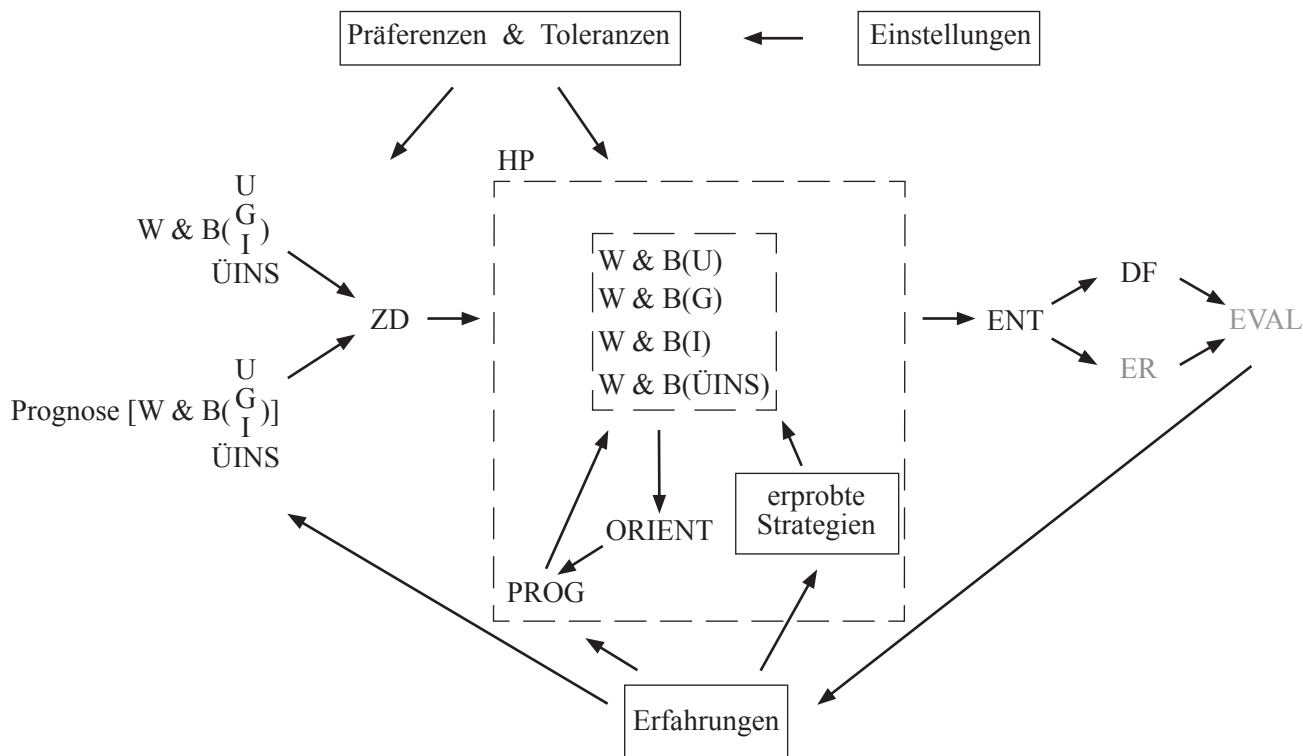


Abbildung 47 Darstellung des gesamten Handlungsprozesses unter zusätzlicher Berücksichtigung der individuellen Eigenschaften.

Die Abbildung 47 stellt dar, auf welche Art diese Individualeigenschaften auf den Prozess einwirken. Die Pfeile symbolisieren, dass den Bewertungsprozessen und dem Handlungsplanungsprozess Informationen zufließen. Es fließen jedoch keine Informationen zurück, da Präferenzen und Toleranzen im Kontext der Gebäudesimulation als konstant betrachtet werden. Einstellungen können die Ausprägung von Präferenzen und Toleranzen beeinflussen.

4.3.11.9 Beispielhafte Darstellung eines typischen Handlungsprozesses

Um den zuvor entwickelten, schematisch dargestellten Prozessablauf plastischer darzustellen, soll nachfolgend ein beispielhafter Prozessablauf für eine Störungskorrekturhandlung dargestellt werden.

Ein Raumnutzer prognostiziert am Ende seines Arbeitstages, dass sein Arbeitsraum am nächsten Morgen und im Laufe des darauf folgenden Tages sehr stark aufheizen könnte und die Temperaturen daher unbehaglich warm werden könnten. Diese **Prognose** basiert auf der konkreten **Erfahrung** des heutigen Tages, während dessen es im Arbeitszimmer bereits unbehaglich warm war, nachdem das Fenster in der vorangegangenen Nacht geschlossen war. Diese Erfahrung extrapoliert der Nutzer in die Zukunft des morgigen Tages.

Dies ist der **Initialpunkt** einer Störungskorrekturhandlung vom Typ einer **pro-aktiven Vermeidungsaktivität**. Die **Zieldefinition** lautet dabei, dass während des kommenden Arbeitstages möglichst behaglichere, thermische Zustände im Raum herrschen sollen. Es soll demnach das **Bedürfnis nach Behaglichkeit** befriedigt werden. Da hierdurch der Handlungsprozess ausgelöst wird kann gemutmaßt werden, dass dieses Bedürfnis an oberster Stelle der aktuellen **Präferenz-Rangfolge** steht.

Die **Handlungsplanung** erfolgt unmittelbar nach der Zieldefinition, da der Nutzer im Begriff ist, den Arbeitsraum zu verlassen und nach Hause zu fahren. Es handelt sich demnach bei allen vor dem Verlassen noch durchgeführten Handlungen um Handlungen vom Typ **terminierende Störungskorrekturaktivität**. Die Basis für diese Handlungsplanung ist die generelle Erfahrung des Nutzers, dass Räume im Tagesverlauf kühler sind, wenn sie über Nacht die Gelegenheit hatten, auszukühlen. Der Nutzer verfügt also über eine **erprobte Strategie**, um sein Problem zu lösen.

In die Handlungsplanung gehen dennoch verschiedene zusätzliche Bewertungen potenzieller Handlungen und ihrer Folgen ein, da vom Fensterzustand eine Reihe von **Bedürfnissen** des Individuums betroffen sind. Da ist zum einen das **Sicherheitsbedürfnis**, welches ggf. durch das geöffnete Fenster bedroht ist (Einbruchgefahr). Da sich das Arbeitszimmer jedoch nicht im Erdgeschoss befindet und bisher auch noch nie eingebrochen wurde, ist die Befriedigung dieses Bedürfnisses im konkreten Fall allerdings nicht ernsthaft bedroht. Bedenkenswerter ist hingegen das **Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit**. Der Nutzer möchte auf jeden Fall vermeiden, dass es nachts in sein Zimmer hineinregnet. Der Himmel sieht zwar nicht nach Unwetter aus (der Himmel ist überwiegend bedeckt aber es stehen keine Gewitterwolken am Himmel), aber diese **Orientierung** reicht ihm nicht, um genügend sicher zu sein (das Bedürfnis nach Schadenfreiheit hat einen hohen Stellenwert unter den Bedürfnissen, daher möchte der Nutzer das **Risiko einer Fehleinschätzung** möglichst minimieren). Somit überprüft er durch einen zusätzlichen Akt der **Orientierung** den Internet-Wetterbericht hinsichtlich der Wetterprognose für die kommende Nacht und den kommenden Tag. Dabei stellt er fest, dass zwar weder Regen noch Sturm angesagt sind, dass aber dennoch ein Wetterumschwung erfolgen soll: Demnach sind bereits für morgen früh vergleichsweise tiefe Außentemperaturen und für den morgigen Tagesverlauf deutlich geringere Temperaturen als für den heutigen Tag angesagt. Auf Basis dieser Informationen prognostiziert der Nutzer nun, dass ein über Nacht geöffnetes Fenster ein starkes Auskühlen des Raums zur Konsequenz hätte, was - in Kombination mit den ohnehin prognostizierten kühleren Tagestemperaturen - vermutlich dazu führen würde, dass das Behaglichkeitsbedürfnis bei dieser Entscheidung nicht befriedigt werden kann. Dieser Aspekt der **Effektgröße** (als Teil der **Handlungseffizienz**) zeigt also, dass offensichtlich das **Risiko einer fehlerhaften Prognose** besteht, welches jedoch durch die Informationen aus dem Wetterbericht weitestgehend minimiert wird (eine **verlässliche Informationsquelle**). Dieser vertraut der Nutzer so weit, dass ihn auch die **Kosten einer potenziellen Fehlentscheidung** nicht verunsichern. Drei Szenarien mit unterschiedlichen (geringer werdenden) Folgekosten sind denkbar: Stimmt die Wetterprognose nicht (d.h. der Wetterumschwung erfolgt nicht und es bleibt warm) und er lässt das Fenster über Nacht geschlossen, dann bestehen wenig Möglichkeiten, am Folgetag behagliche Bedingungen herbeizuführen (das Zimmer verfügt zwar über eine Heizung jedoch nicht über eine Kühlung). Er müsste die unbehaglich warmen Temperaturen also ertragen während er im umgekehrten Fall - das Fenster ist über Nacht geöffnet und der Wetterumschwung erfolgt wie prognostiziert - immerhin eine Heizung zur Verfügung hätte, um den Raum aufzuheizen. Bleibt der Raum über Nacht aufgrund seines Speichervermögens hingegen bei geschlossenem Fenster zu warm, obwohl die Außentemperaturen fallen, so besteht die einfache

Möglichkeit für den Nutzer, die Raumtemperatur durch Öffnen des Fensters abzusenken.

Dieses Abwägen von Vor- und Nachteilen vor dem Hintergrund seiner Bedürfnisse und ihrer **Präferenzordnung** führt also zu der **Entscheidung**, das Fenster über Nacht zu schließen. Daran knüpft der Nutzer die **Erwartung** einer behaglichen Raumtemperatur am nächsten Tag.

Der Nutzer verlässt daraufhin den Raum und seine Arbeitsstelle und kehrt am kommenden Tag pünktlich an seinen Arbeitsplatz zurück. Auf dem Weg zur Arbeit hat er bereits festgestellt, dass die Außentemperaturen im Vergleich mit dem Vortag tatsächlich massiv abgesunken sind. Beim Betreten seines Arbeitszimmers zeigt sich jedoch, dass der Raum die Wärme des Vortags gespeichert und insgesamt wenig an Temperatur verloren hat. Damit fällt die **Evaluierung** seiner Handlung überwiegend positiv aus: Eine Auskühlung des Raums wurde verhindert und die vorliegende, unbehaglich hohe Temperatur des Raums lässt sich problemlos durch das Öffnen des Fensters mildern. Sogleich nach dem Betreten des Raums öffnet der Nutzer daher das Fenster, wobei es sich hierbei um eine Handlung vom Typ einer **initiierenden, re-aktiven Instandsetzungsaktivität** handelt. Insbesondere der Akt der zielgerichteten Orientierung - also das Überprüfen des Wetterberichts - erfährt durch die positive Evaluierung eine Verstärkung.

4.3.12 Taxonomie des Bereichs „überindividuelle Nutzungssysteme“

In den vorangegangenen Abschnitten wurde mehrfach auf die Existenz überindividueller Nutzungssysteme verwiesen. Aus didaktischen Gründen werden diese erst hier, d.h. nach der Einführung und Beschreibung der drei anderen Kategorialbereiche (Umgebungsbedingungen, Gebäude und Individuum), der Taxonomisierung von Aktivitätstypen und nach der Betrachtung von Handlungsabläufen, eingeführt. Dies hat vor allem den Grund, dass sich überindividuelle Nutzungssysteme normierend auf diese anderen Kategorialbereiche auswirken, d.h., dass sie deren Merkmale nach bestimmten Regeln mitbestimmen. So kann z.B. beobachtet werden, dass funktionale Aktivitäten und deren individuelle Ausprägungen in rahmenartige Vorgaben eingebettet sind, dass Gebäude hinsichtlich ihrer Ausstattung und ihrer Topologie typische Eigenschaften in Abhängigkeit der in ihnen ausgeführten Aktivitäten aufweisen und dass dort i.d.R. auch typische Zusammensetzungen und Intensitäten von Umgebungsbedingungen auftreten.

Aus der Tatsache, dass für alle bisher taxonomisierten Eigenschaften der drei Kategorialbereiche direkte und indirekte Auswirkungen auf den Energiehaushalt des Gebäudes festgestellt wurden, folgt, dass die normierende Wirkung überindividueller Nutzungssysteme ebenso den Energiehaushalt des Gebäudes mitbestimmen muss. Daher werden diese **kontextuellen Bedingungen** nun anhand der Realitätserzählung ebenfalls analysiert und taxonomisiert. Das zu diesem Zweck bisher angewendete Prinzip der tabellarischen Darstellung mit auszugsweisen Verweisen auf den Text soll dabei fortgeführt werden.

4.3.12.1 Normierender Einfluss auf die Aktivitäten und Eigenschaften der Individuen

4.3.12.1.1 Einfluss auf Aktivitäten: raum-zeitliche Gebundenheit der Aktivitäten

Die Aktivitäten des Individuums wurden in funktionale Aktivitäten, Störungskorrekturaktivitäten und Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen unterteilt. Alle drei Aktivitätstypen sollen im Folgenden hinsichtlich ihrer raum-zeitlichen Gebundenheit überprüft werden.

4.3.12.1.1.A Funktionale Aktivitäten

Der oben beschriebene, quasi-reale Tagesablauf strukturiert sich insbesondere durch die häufig auftretenden Ortswechsel. Daran lässt sich zeigen, dass bestimmte Aktivitäten mehr oder weniger **räumlich gebunden** sind, was insbesondere für die **funktionalen Aktivitäten** gilt: Zum Schlafen gehe ich ins Schlafzimmer, ich arbeite an meinem Arbeitsplatz am Lehrstuhl und zum Essen gehe ich in die Mensa. All diese Orte haben eine **funktionale Ausrichtung** und diese Orte werden genau aufgrund dieser Ausrichtung aufgesucht, nämlich um bestimmte Aktivitäten durchzuführen. Es wird beispielsweise so gut wie nie vorkommen, dass ein Individuum in der Küche schläft, dafür im Schlafzimmer seinen Kaffee kocht und auf dem Flur arbeitet. So erfahren nicht nur Einzelne diese Funktionalität bestimmter Räume, sondern vermutlich die Mehrheit, woraus sich ein wesentlicher Anteil des **überindividuellen Charakters** der dort durchgeführten, **typischen Aktivitäten** ergibt.

Das Aufsuchen der Orte und die Durchführung der dort typischen Aktivitäten folgt außerdem in der überwiegenden Mehrheit einer **zeitlichen Struktur**. Dazu zählen sowohl der **Beginn** der Aktivität, ihr **Ablauf** und ihr **Ende**, aber auch Aspekte wie ihre **Regelmäßigkeit**. Diese Struktur ist offenbar **unterschiedlich strikt fixiert**: Manche Abläufe ähneln eher eingespielten Routinen, bei denen der Ablauf zwar Regeln folgt, jedoch durch den Akteur selber festgelegt wurde und somit eine gewisse Flexibilität zulässt (z.B. der morgendliche Ablauf). Andere zeitliche Strukturen sind überaus fest und von außen vorgegeben (z.B. Sprechstunden, Vorlesungszeiten).

Belege für diese Merkmale sind in Tabelle 42 dargestellt. Wie oben bereits angedeutet ergibt sich aus diesen Merkmalen, dass die Aktivitäten von Individuen in bestimmten Räumen und zu bestimmten Zeiten geringere *inter-individuelle* Unterschiede aufweisen als vielleicht zunächst vermutet werden könnte. Obwohl also der Tagesablauf eines meiner Kollegen außerhalb der Universität vollkommen anders sein mag als meiner, so sind

unsere Aktivitäten während der Arbeitszeit, während wir an unseren Arbeitsplätzen sitzen, sehr ähnlich: „*Meine Arbeitstätigkeit ist im Grunde typisch für Büroarbeit und umfasst Tätigkeiten wie Texte am Computer verfassen, Dokumente ausdrucken und lesen, Informationen in der Bibliothek oder in Internetdatenbanken recherchieren, ich nehme an Besprechungen des Lehrstuhls oder mit Studenten teil oder halte Vorlesungen und Übungen*“. Die Aktivitäten weisen damit einen so hohen Grad an **Organisation** auf, dass von einer **programmartigen** Festlegung der Aktivitätsabläufe gesprochen werden kann. Dadurch verfügen diese Programme über eine große **Normierungskraft** für die individuellen Handlungen, sodass es wiederum berechtigt ist, in diesem Bezug von einem **systematisierten Kontext** zu sprechen. Wie oben beschrieben, besteht außerdem ein enger Bezug zu bestimmten Orten und Zeiten. Die Programme und deren raum-zeitliche Ausführungskoordinaten sind somit **zentrale und charakterisierende Eigenschaften überindividueller Nutzungssysteme**.

Tabelle 42

Beispiele aus der Realitätserzählung für die raum-zeitliche Gebundenheit funktionaler Aktivitäten.

Merkmale	Beispielhafter Textausschnitt
Räumliche Gebundenheit	Schlafen: Schlafzimmer ; Tisch decken, Frühstück: Wohn-Esszimmer ; Kaffee aufsetzen, Tee kochen: Küche ; Waschen: Badezimmer ; Arbeiten: Universität ; das Haus betreten: Seiteneingang ; Ziele im Gebäude erreichen: Treppenhäuser und Gänge ; Arbeiten: Lehrstuhl-Arbeitsplatz ; Kopieren und Ausdrucken: Kopier- und Druckstation ; zur Toilette gehen: WC ; zu Mittag essen: Restaurant, Cafeteria, Mensa ; Wasser/ Kaffee holen: Küche ; Besprechungen abhalten: Besprechungszimmer ; Vorlesung halten: Hörsaal
Zeitliche Gebundenheit	„Der Tagesbeginn folgt dann normalerweise einer eingespielten Routine ...“, „... erstes Ziel ...“, „... nächste Weg ...“, „ Anschließend ...“, „ Sobald ich hier fertig bin ...“ „... komme ich üblicherweise zwischen 8.30h und 9.00h an der Uni an.“, „... beginnt seinen Arbeitstag bereits schon um 7.00h bis 7.30h .“, „Innerhalb bestimmter Kernzeiten sind also im Prinzip alle da.“ „... und es wird Zeit für die Mittagspause.“, „Zu ziemlich regelmäßigen Zeiten gehe ich entweder mit den Kollegen ...“, „... kehre nach dem Essen - also etwa 30 bis 60 Minuten später - dorthin zurück.“ „... erwarte jedoch in zwei Stunden (um 15.00h) Studenten, da ich heute Sprechstunde habe.“, „Ich habe immer zur gleichen Zeit Sprechstunde ...“ „Diese Vorlesung halte ich im Sommersemester, einmal die Woche, immer um 16.00h .“ „... beende ich meinen Arbeitstag, wie üblich etwa gegen 18.00h .“

4.3.12.1.1.B Störungskorrekturaktivitäten

Aus dieser Analyse folgt die Fragestellung, ob raum-zeitliche Koordinaten auch Merkmale für die **Aktivitäten zur Störungskorrektur** und ihrer in Tabelle 32 auf Seite 158 dargestellten Ziele sind. In einem mittelbaren Sinne sind sie dies natürlich auf jeden Fall, da diese Aktivitäten nur dort ausgeführt werden können, wo sich das Individuum zu einem bestimmten Zeitpunkt aufhält. Für ihre Durchführung werden jedoch nicht - wie das bei den Programmen der funktionalen Aktivitäten der Fall ist - spezielle Räumlichkeiten extra aufgesucht. Stattdessen werden sie naturgemäß dort durchgeführt, wo die funktionalen Aktivitäten stattfinden. Außerdem ist das **zeitliche Auftreten** weitestgehend spontan - da es situativ durch den Bedarf bedingt ist - und folgt somit keiner vorgegebenen zeitlichen Struktur. Ausnahmen davon liegen vor, wenn ein Nutzer **interräumliche Bewegungen** durchführt und diese Bewegungen zeitlich fixiert sind (vergleiche Tabelle 26 auf Seite 133). In solchen Fällen sind zeitliche Regelmäßigkeiten auch für die Aktivitäten zur Störungskorrektur zu erwarten, da beim Betreten und Verlassen von Räumen offenbar **initiiierende** und **terminierende** Störungskorrekturaktivitäten durchgeführt werden können (siehe Abschnitt 4.3.10.4.3 auf Seite 162 bzw. Tabelle 43).

Die Frage der **Ortsgebundenheit** erfordert jedoch eine weitere Betrachtung. Zunächst hat es den Anschein, dass die in Tabelle 30 auf Seite 155 aufgeführten Aktivitäten zur Störungskorrektur uneingeschränkt auftreten können. Ein genauerer Blick hatte jedoch gezeigt, dass diese Art Aktivität eng an die funktionale Aktivität gekoppelt ist. Z.B. kann „*Vermeidung von Blendung auf dem Monitor*“ nur eine Rolle spielen, wenn das Programm die Aktivität „*Arbeiten am PC-Monitor*“ beinhaltet, Licht zum Lesen wird nicht während des Programms „*Schlafen*“ benötigt, usw. Es gibt also bestimmte Arten von Aktivitäten zur Störungskorrektur, die für eine Programmausführung ein **notwendiges Repertoire** darstellen, wobei das **Anforderungsniveau** (z.B. die erforderliche Intensität spezifischer Umgebungsbedingungen) dabei nicht nur durch das Individuum, sondern ebenfalls durch das überindividuelle Nutzungssystem festgelegt wird (z.B. wie viel Blendung auf dem Monitor erlaubt die Programmaktivität). Andererseits können bestimmte Aktivitäten zur Störungskorrektur während

bestimmter Programme auch **unzulässig** sein: Auch wenn mir zu warm ist, wird ein Mindestbekleidungsgrad während meiner Schreibtischarbeit oder während der Vorlesung von mir erwartet, sodass ich mich nicht beliebig meiner Kleidung entledigen kann, wenn mir zu warm ist. Andere Störungskorrekturaktivitäten wiederum sind unter bestimmten Programmbedingungen **unmöglich** durchzuführen, auch wenn ein Bedarf besteht (z.B. das Fenster während des Schlafs schließen, weil es zu kalt geworden ist). Eine Konsequenz aus dieser Betrachtung ist also, dass eine **Kopplung der Störungskorrekturaktivitäten an das gerade ausgeführte Programm** existiert welches wiederum ortsgebunden durchgeführt wird. Eine Ortsgebundenheit liegt somit indirekt auch für Störungskorrekturaktivitäten vor. Die weitreichende Schlussfolgerung ist jedoch, dass **programmspezifische Aktivitäten** zur **Störungskorrektur** existieren, die bei Bedarf ausgeführt werden. Sie werden - ähnlich einer **Subroutine** - bei Bedarf aufgerufen und liegen ebenfalls als typische **Aktivitätsmuster** vor. Beispiele hierfür sind in der nachfolgenden Tabelle 43 dargestellt.

Tabelle 43

Beispiele aus der Realitätserzählung für die Zeitgebundenheit von Störungskorrekturaktivitäten als Subroutinen funktionaler Aktivitäten.

Merkmal	Beispielhafter Textauschnitt
spontan, flexibel, situativ	„Da die Strahlen im Moment sehr intensiv sind, kann ich durch die Blendung auf dem Monitor nichts mehr erkennen. Ich schließe also den Sonnenschutz ...“ „ Nach einer gewissen Zeit des Arbeitens verspüre ich das Bedürfnis, etwas zu trinken.“ „ Zwischendurch - es geht auf den Nachmittag zu und die Temperaturen steigen - wird es mir an meinem Arbeitsplatz zu warm ... Also öffne ich das Fenster.“
an einen Raum- bzw. Programmwechsel gekoppelt	„Der nächste Weg führt mich ins Wohn-Esszimmer und mein erster Blick gilt dem Thermometer ... Also drehe ich die Heizung auf ...“ „ Bevor ich dann das Haus verlasse , wird der Tisch noch abgeräumt, ich kontrolliere, ob die Fenster geschlossen und die Heizkörper tatsächlich ausgeschaltet sind.“ „In den meisten Fällen empfinde ich es in dem Augenblick des Ankommens als zu warm in dem Arbeitszimmer ... Spätestens die zweite Handlung besteht also daraus, den Rucksack, die Jacke und auch den Pulli loszuwerden.“ „ Wieder im Büro angekommen stelle ich fest, dass die Luft dort schlecht ist und ich durchaus mal lüften könnte.“ „Wir gehen also gemeinsam zu unserem Besprechungsraum , öffnen die Tür und treten ein. ... Als erstes öffne ich also ein Fenster ... und schließe den Sonnenschutz, damit möglichst schnell erträgliche Bedingungen entstehen.“ „Nach der Vorlesung beende ich meinen Arbeitstag , wie üblich etwa gegen 18.00h. Den Sonnenschutz muss ich hochziehen ...“

4.3.12.1.1.C Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen

Eine vergleichbare Argumentation lässt sich für die Aktivitäten zur Verfolgung von **Individualinteressen** aufstellen (siehe Tabelle 30 auf Seite 155). Auch hier lassen sich **subroutinenartige Aktivitätsmuster** identifizieren, die eine **Affinität zur Ausführung des Programms** aufweisen oder, andererseits, für die Durchführung des Programms **unzulässig** sind. Die Arbeit am Schreibtisch zu unterbrechen, um sich ein Getränk aus der Küche zu holen oder zum Mittagessen zu gehen ist offenbar zulässig für das Programm „*Arbeiten am Schreibtisch*“. Diese Aktivitäten spontan während der Vorlesung durchzuführen, würde hingegen als unangemessen und daher unzulässig angesehen werden.

Aus der hier aufgeführten Argumentation lassen sich also verschiedene Merkmale überindividueller Nutzungssysteme ableiten, die zur Verdeutlichung hier noch einmal zusammengefasst werden: Den *individuell* durchgeführten Aktivitätsarten „funktionale Aktivitäten“, „Aktivitäten zur Störungskorrektur“ und „Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen“ sind **Programme** übergeordnet, die **normativ** für Individualaktivitäten sind und deren individuelle Ausprägungsvielfalt damit eingrenzen. Diese Programme und programmspezifischen Subroutinen sind an **typische Orte** und **bestimmte Zeiten** gekoppelt. Die **raum-zeitliche Zuordnung** stellt damit ein **charakterisierendes Merkmal überindividueller Nutzungssysteme** dar.

4.3.12.1.2 Einfluss auf Aktivitäten: Rollen und Funktionen der Akteure

Programme wurden bisher als Aktivitätsmuster eingeführt, die als normative Vorgaben für individuelle Aktivitäten fungieren. Die Ausführung von Programmen erfordert jedoch, dass die **Rollen**, welche die einzelnen Individuen dabei übernehmen, aufeinander abgestimmt sind. Dies führt zu dem Gedanken, die **hierarchische** und **funktionale Organisation** der Rollen anhand der obigen Realitätsbetrachtung zu analysieren. Tabelle 44 zeigt auf, welche Rollen dort beschrieben werden und wie sie hierarchisch und funktional zusammenhängen. Dabei kann ein Individuum - je nach Kontext in dem es sich befindet - verschiedene Rollen übernehmen und dabei entsprechende Funktionen erfüllen: Beispielsweise agiere ich in der obigen Realitätserzählung den Studenten gegenüber generell als *Wissenschaftlicher Mitarbeiter*, während ich ihnen während der Vorlesung als *Dozent* begegne. Für die anderen Mitarbeiter des Lehrstuhls bin ich hingegen ein *Fachkollege* oder z.T. *Freund* oder *Bekannter*. Die Programme, an denen ein Individuum teilnimmt, korrespondieren also mit der funktionalen Rolle, die es dabei übernimmt (ich nehme beispielsweise nicht am Professorium teil, mein Chef hingegen nicht an Studentenbesprechungen, d.h. jeder nimmt nur an Programmen teil, die seiner Rolle entsprechen). In allen Rollen erfüllt das Individuum unterschiedliche **Funktionen**, deren Regeln jeweils einen rahmenartigen Kontext für seine individuellen Aktivitäten darstellen.

Gleichzeitig verfügt das überindividuelle Nutzungssystem, in dem diese verschiedenen Rollen auftreten, über eine hierarchische Strukturierung. Mit der **hierarchischen Position** des Individuums ändern sich seine Befugnisse und somit entsteht wiederum ein bestimmter, eingrenzender Rahmen für seine individuellen Aktivitäten. Während der Besprechung mit Studenten im Besprechungsraum des Lehrstuhls ist es wahrscheinlicher, dass ich es bin, der das Fenster öffnet oder schließt, als dass einer der Studenten diese Korrekturhandlung durchführt. Dieser Unterschied kann zu einem großen Anteil mit der hierarchischen Überordnung des Wissenschaftlichen Mitarbeiters gegenüber den Studenten erklärt werden. Verschiedene Beispiele aus der Realitätserzählung für eine hierarchische Strukturierung sind in der nachfolgenden Tabelle 44 aufgeführt.

Tabelle 44

Beispiele aus der Realitätserzählung für Rollen in überindividuellen Nutzungssystemen und deren Organisation.

Merkmal	Beispielhafte Texterwähnung
Rollen	Student Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Kollege des eigenen Lehrstuhls, Dozent, Bekannter Sekretärin Chef
hierarchische Organisation	Chef: weisungsbefugt gegenüber allen Mitarbeitern: „... dass es eine Quasi-Direktive des Chefs ist ...“ Dozent: weisungsbefugt gegenüber Studenten im Hörsaal: „... und es gab einige Gelegenheiten, bei denen ich die Studenten zur Ruhe aufrufen musste“ Wissenschaftliche Mitarbeiter: bedingt weisungsbefugt gegenüber Sekretärin Kollege: nicht weisungsbefugt gegenüber anderen Kollegen
funktionale Organisation	als Dozent: „... oder halte Vorlesungen und Übungen.“ als Wissenschaftlicher Mitarbeiter/Forscher: „Ich beginne also, an diesem Text zu schreiben ...“ als Fachkollege: „... dass gelegentlich ein Kollege reinkommt (um zwischendurch Fachfragen zu besprechen ...) als Bekannter: „... dass gelegentlich ein Kollege reinkommt (... oder vom Wochenende zu erzählen).“

4.3.12.1.3 Einfluss auf die Bekleidung

Auch konkrete Eigenschaften des Individuums können **funktional ausgerichtet** sein. Eine exponierte Rolle spielt dabei die **Bekleidung**. Diese erfüllt nicht nur funktionale Anforderungen im Sinne der funktionalen Aktivitäten, sondern ist zugleich auch ein Mittel, Störungskorrekturaktivitäten vorzunehmen, ohne die Raumbedingungen tatsächlich zu beeinflussen (siehe die Beschreibung des Wirkungsradius‘ in Tabelle 35 auf Seite 163). Gleichzeitig ist der Kleidungsstil eine Frage der individuellen Präferenz (4.3.6.11.1.A auf Seite 116).

An dieser Stelle wird das Thema aus der Sicht des Nutzungssystems betrachtet. In Tabelle 45 sind einige Textbeispiele mit Bezug auf die Kleidung aufgeführt. Dabei zeigt sich, dass Aktivitäten immer mehr oder minder strikt mit einer entsprechenden Art der Bekleidung verknüpft sind. Im Beispiel der Realitätserzählung sind die

formellen Ansprüche gering (z.B. kurze Hosen sind prinzipiell zulässig), andere Arbeitsumfelder sind diesbezüglich rigoroser (z.B. Banken oder Versicherungen). Auch wenn es anhand dieser Beispiele nicht auf den ersten Blick einleuchtet, so erfüllt die **Kleidung eine funktionale Aufgabe** für das übergeordnete Nutzungssystem, indem die Bekleidung zum Funktionieren des Nutzungssystems beiträgt (im Falle von Banken unterstreicht die formelle Kleidung möglicherweise die Seriosität des Unternehmens und fördert damit den Geschäftserfolg). Bei Kleidung mit extremen formellen Ansprüchen handelt es sich um **Uniformen**, die nur eine marginale individuelle Prägung zulassen, da hierbei die Kleidung eine starke **(Identifikations-) Funktion** übernimmt (z.B. Polizeibeamte, Soldaten). Kleidung kann auch **Schutzfunktionen** übernehmen (eine Jacke im Tiefkühlager), darf aber dabei nicht dysfunktional sein (z.B. beim Tippen auf der Tastatur behindern).

Tabelle 45

Beispiele aus der Realitätserzählung für die Bedeutung von Bekleidung für überindividuelle Nutzungssysteme.

Merkmal	Beispielhafter Textausschnitt
Kleidung	<p>„Ein Glück stellt niemand am Lehrstuhl formale Ansprüche an meine Kleidung ...“</p> <p>„Im Übrigen hat im Sommer auch niemand am Lehrstuhl Einwände gegen kurze Hosen.“</p> <p>„In dicke Kleidung eingepackt ...“</p> <p>„Eine Jacke zu tragen würde ich hier an meinem Arbeitsplatz unangemessen finden (ich arbeite ja nicht in einem Kühlager in dem kalte Temperaturen eine Notwendigkeit sind). Handschuhe zu tragen wäre nicht nur unangemessen, sondern auch sehr unzweckmäßig, schließlich muss ich in der Lage bleiben, auf der Tastatur zu tippen oder umzublättern.“</p>

4.3.12.2 Normierender Einfluss auf die Eigenschaften der Gebäude

4.3.12.2.1 Einfluss auf die funktionalen Eigenschaften von Gebäuden

Anhand der Realitätserzählung ist es möglich, weitere charakterisierende Merkmale überindividueller Nutzungssysteme zu differenzieren. Weiter oben wurde bereits angesprochen, dass Orte bzw. Räume, die für eine bestimmte Aktivität aufgesucht werden, funktionale Eigenschaften aufweisen. Damit soll ausgesagt werden, dass Gebäude hinsichtlich des Großteils ihrer Merkmale (wie z.B. Ausstattung, Raumanordnung, Form und Größe, siehe 4.3.4 auf Seite 82) auf die Aktivitäten abgestimmt sind, die in ihnen durchgeführt werden. **Raum- und Gebäudetopologien** korrespondieren also eng mit programmmäßigen Aktivitäten. Diese Tatsache spiegelt sich in Benennungen wieder, die für die Typologisierung von Gebäuden üblich sind. Hier wird z.B. zwischen dem **primären Nutzungstyp** des Gebäudes (z.B. Sakralgebäude, Universitätsgebäude, Wohngebäude, Sporthalle) und zwischen den **Typen der Nutzungsflächen** (also Nutzflächen, technische Funktionsflächen und Verkehrsflächen) unterschieden.

4.3.12.2.2 Einfluss auf die Klassifizierung von Ausstattungselementen

In verschiedenen, zurückliegenden Einschüben - siehe die Abschnitte 4.3.5.4.2 auf Seite 100, 4.3.5.6.5 auf Seite 106 und 4.3.9.2.2 auf Seite 143 - wurden zur Beschreibung von Ausstattungselementen des Gebäudes die drei Dimensionen Regulierbarkeit (intendiert vs. akzidentell), Relevanz für die Innenraum-Umgebungsbedingungen (mittelbar vs. unmittelbar) und Funktionalität (essenziell vs. supplementär) eingeführt und beschrieben. Hier soll nun dargestellt werden, inwiefern überindividuelle Nutzungssysteme diese Zuordnung zu den Dimensionsausprägungen beeinflussen.

In überindividuellen Nutzungssystemen nehmen Ausstattungselemente eine typische Funktion an. Das bedeutet konkret, dass sie für die Durchführung spezieller Programme und Subroutinen zur Verfügung stehen. Die Aktivität „Kochen“ erfordert z.B. den Gegenstand „Herd“ und dieser steht üblicherweise in dem Raum „Küche“ und nicht in dem Raum „Badezimmer“. Beispielhaft und zur Konkretisierung dieses Zusammenhangs führt Tabelle 46 hierzu noch einmal einige Beispiele aus dem Text mit Bezug auf funktionale und regulative Ausstattungselemente auf.

Tabelle 46

Beispiele aus der Realitätserzählung für die Zuordnung funktionaler und regulativer Ausstattungselemente.

Merkmals	Beispielhafte Texterwähnung
räumliche Ausstattung für Programme („funktionale Ausstattungselemente“)	Schlafzimmer: Bett, Bettdecke Wohn-Esszimmer: Frühstückstisch, Sessel Küche: Kaffeemaschine, Teekoche, Herd, Kühlschrank Badezimmer: Waschbecken Arbeitsplatz: Schreibtisch, Computer, Monitor, Tastatur, Bücher, Papier, Marker, Ordner, Telefon Kopier- und Druckstation: Kopierer, Drucker Uniküche: Teekoche, Tasse, Kaffeemaschine als Standby-Gerät
räumliche Ausstattung für Subroutinen („regulative Ausstattungselemente“)	Schlafzimmer: Fenster, Heizung, Ventilator Wohn-Esszimmer: Heizung, Rollläden Badezimmer: automatische, zeitverzögert anlaufende Lüftungsanlage, Heizung, kein Fenster Arbeitsplatz: Fenster, Sonnenschutz mit Lamellen, Heizung, Deckenleuchte, Tischleuchte, USB-Ventilator Besprechungsraum: Fenster, Sonnenschutz

Die hier gewählte strikte Trennung in funktionale und regulative Ausstattungselemente darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Unterscheidung zwischen diesen beiden Arten von Ausstattungselementen keine Eigenschaft der Ausstattungselemente selber ist. Diese Zuordnung wird stattdessen erst im Kontext des jeweiligen überindividuellen Nutzungssystems erkennbar. Beispielhafte Zuordnungen zeigt die nachfolgende Abbildung 48 auf.

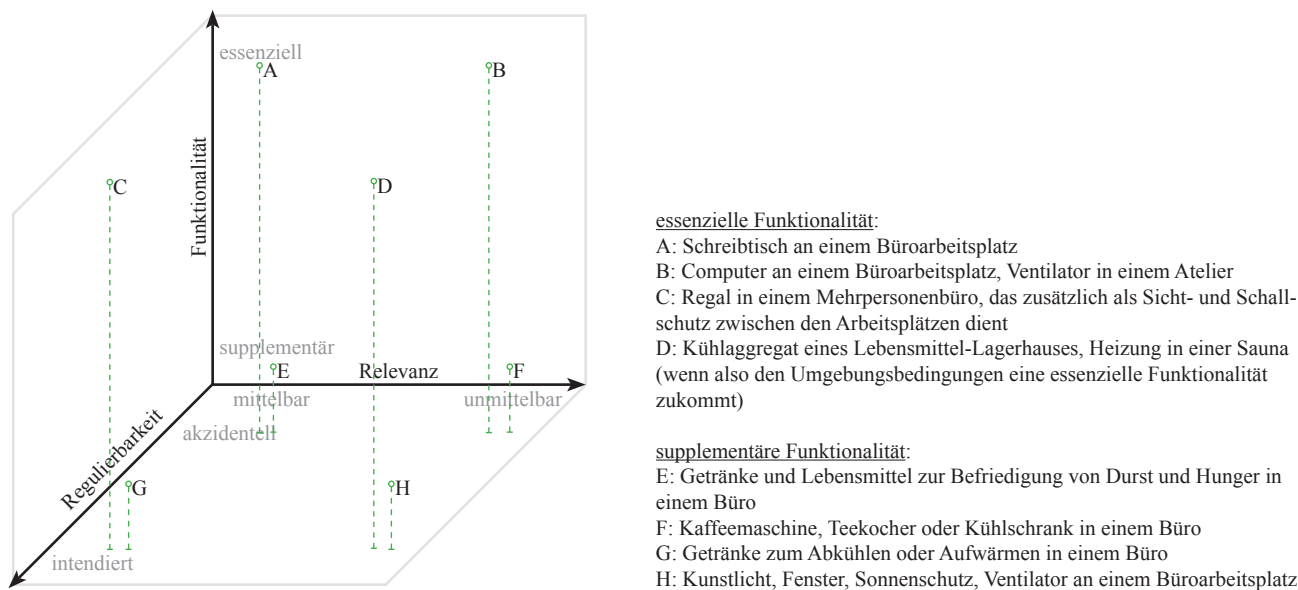


Abbildung 48

Beispielhafte Zuordnung von Ausstattungselementen zu den drei Beschreibungsdimensionen Funktionalität, Relevanz und Regulierbarkeit. Die drei Dimensionen sind in einem kartesischen Koordinatensystem dargestellt, wobei die extremen Ausprägungen (die Pole) den Koordinaten in grauer Schrift zugeordnet sind. Die vertikalen, gestrichelten Linien mit Kreisabschluss stellen die Zuordnung der Ausstattungselemente zu den Ausprägungen der Dimensionen dar.

In der Aufzählung A bis H der Abbildung taucht z.B. ein Ventilator zweimal auf, unter (B) in einem Atelier - z.B. als Mittel, Farbe schneller trocknen zu lassen - und unter (H) in einem Büro - z.B. als Mittel, das sommerliche Behaglichkeitsbedürfnis des Individuums zu befriedigen.²³ Unter (B) lässt sich das Ausstattungselement also als essenziell-funktional, akzidentell-regulativ und mit einer unmittelbaren Relevanz für die Innenraum-Umgebungsbedingungen einordnen. Unter (H) ist die Wirkung auf die Umgebungsbedingungen jedoch intendiert, der

23 Eingangs des Abschnitts 4.3.4 auf Seite 82 wurde festgelegt, dass unter dem Kategorialbereich „Gebäude“ nicht nur typische Bauteile wie z.B. Decken, Wände und Fenster, sondern auch Einrichtungsgegenstände wie Tische und Stühle und Nutzungsgegenstände wie das Schreibpapier oder der Computer zusammengefasst werden. Gegenstände wie z.B. Gehörschutz oder Schlafbrille, Gegenstände also, die am Körper des Individuums getragen werden, zählen hingegen zur Bekleidung des Individuums (Abschnitt 4.3.6.2 auf Seite 112).

Ventilator erfüllt allerdings nicht gleichzeitig eine essenzielle Funktion für das überindividuelle Nutzungssystem Büro. Ähnliches gilt für die Heizung, die als Ausstattungselement einer Sauna unter (D) und als Ausstattungselement eines Büros unter (H) genannt wird. In beiden Fällen ist die Wirkung auf die Umgebungsbedingungen also intendiert. Im Falle der Sauna kommt der Heizung jedoch eine essenziell-funktionale Rolle zu, da die zweckentsprechende Nutzung der Sauna ohne Heizung nicht möglich wäre.

Nicht nur die Ausstattung und deren Eigenschaften werden durch das überindividuelle Nutzungssystem geprägt, sondern auch die relative Position von Ausstattungselementen zueinander. Entsprechend steht der Schreibtisch für die visuell anspruchsvolle Arbeit in der Realitätserzählung in der unmittelbaren Nähe des Fensters. Der Arbeitsplatz ist parallel zur Fassade ausgerichtet, während der Monitor jedoch senkrecht zur Fassade steht. All dies sind Merkmale, welche die Spezialisierung des Raums auf die Programme dokumentiert, die in ihm durchgeführt werden (in diesem Fall Büroarbeit). Analog zu den Programmen der überindividuellen Nutzungssysteme, welche normativ auf die Individualaktivitäten wirken, wirken sich überindividuelle Nutzungssysteme ebenso normativ auf die Gestaltung des Gebäudes und seiner Eigenschaften aus.

4.3.12.3 Normierender Einfluss auf die Eigenschaften der Umgebungsbedingungen

Zwischen den Merkmalen des Gebäudes und den Innenraum-Umgebungsbedingungen bestehen zahlreiche Interrelationen (siehe Abschnitt 4.3.5 auf Seite 95). So ergeben sich z.B. aus der Verwendung typischer, funktionaler Ausstattungselemente ebenso typische Energieverbräuche und Energie- und Materieemissionen (z.B. Wärme, Schall, Feuchte, siehe z.B. Abschnitt 4.3.5.6.3 auf Seite 105), die verwendeten Materialien des Gebäudes beeinflussen über die Speicher-, Absorptions- und die Reflexionseigenschaften den Verlauf und die Intensität der Innenraum-Umgebungsbedingungen (Abschnitt 4.3.5.5.3 auf Seite 103) und die Qualität der Hülle bestimmt den Austausch zwischen den Umgebungsbedingungen des Innen- und des Außenraums (Abschnitte 4.3.5.3.2 auf Seite 99 und 4.3.5.4.3 auf Seite 101). Außerdem besteht ein direkter Bezug zu dem „erforderlichen Intensitätsbereich“ (Abschnitt 4.3.9.2.1 auf Seite 143) der sich für das Individuum aus der - für das überindividuelle Nutzungssystem typischen - Aktivität ableitet. Aufgrund dieser verschiedenen Betrachtungen kann davon ausgegangen werden, dass die Merkmale der Innenraum-Umgebungsbedingungen typisch für überindividuelle Nutzungssysteme sind: So zeigt die Realität z.B., dass es in Montagehallen überdurchschnittlich laut, in Bibliotheken überdurchschnittlich leise und in Schwimmbädern überdurchschnittlich warm und feucht ist.

4.3.12.4 Die Taxonomie der überindividuellen Nutzungssysteme in der Übersicht

Die Darstellungen in diesem Kapitel zeigen den Einfluss überindividueller Nutzungssysteme auf die Ausprägung der Merkmale der drei bis dahin eingeführten Kategorialbereiche Umgebungsbedingungen, Gebäude und Individuum auf. Insbesondere betrifft dies die Kernaktivitäten des Individuums und somit auch die Störungskorrekturaktivitäten, die im Mittelpunkt der Betrachtungen dieser Arbeit stehen. Die Darstellungen verweisen somit auf die dringende Notwendigkeit, überindividuelle Nutzungssysteme bei der Entwicklung eines Modells des Nutzerinteraktionsverhaltens zu berücksichtigen. Würde diese Berücksichtigung nicht erfolgen, so müsste davon ausgegangen werden, dass Individuen bei ihren Aktivitäten ausschließlich durch ihre Fähigkeiten und ihre aktuellen, individuellen Wünsche, nicht jedoch durch ihre Einbindung in einen systematischen Kontext gelenkt würden. Dies ist nicht in Übereinstimmung mit Beobachtungen der Realität. Aber auch darüber hinaus ist durch die Ausführungen klar geworden, dass der normative Einfluss überindividueller Nutzungssysteme auf die Eigenschaften des Gebäudes und der Innenraum-Umgebungsbedingungen von erheblicher Bedeutung für den Energiehaushalt des Gebäudes ist. Somit ist eine psychologiethoretische Betrachtung überindividueller Nutzungssysteme, neben der psychologiethoretischen Betrachtung von Individualsystemen, ein notwendiger Bestandteil der Gesamtbetrachtung.

Zusammenfassend werden nachfolgend alle oben aufgeführten, vortheoretischen Merkmale überindividueller Nutzungssysteme in einer übersichtlichen Gesamttaxonomie zusammengefasst und grafisch in Abbildung 49 auf Seite 187 dargestellt.

Normierender Einfluss auf Individuen

Aktivitäten

funktionale Aktivitäten, Programme

Raumgebundenheit

zeitliche Struktur

Regelmäßigkeit

Beginn, Ablauf, Ende

zeitlicher Fixierungsgrad

Typen

Routinen/ Vorgaben/ Regeln

Störungskorrekturaktivitäten, programmspezifische Subroutinen

Typen

notwendig

Anforderungsniveau, erforderliche Intensität

zulässig

unzulässig

zeitliche Struktur

situativ

an Raumwechsel gebunden

Aktivitäten zur Individualzielverfolgung, programmspezifische Subroutinen

Typen

zulässig/ unzulässig

Rollen und Funktionen der Akteure

funktionale Organisation

hierarchische Organisation

Bekleidung

formelle Ansprüche

(Identifikations-) Funktion

Schutzfunktion

Normierender Einfluss auf Gebäude

Funktionale Eigenschaften der Gebäude

typische Gebäudetopologie

typische Raumtopologie

Funktion von Ausstattungselementen

Ausstattungs-elemente für Programme (funktionale Aktivitäten)

Ausstattungs-elemente für programmspezifische Subroutinen (Störungskorrekturaktivitäten)

Dimensionszuordnung für Ausstattungselemente

Regulation, intendiert vs. akzidentell

Relevanz, mittelbar vs. unmittelbar

Funktionalität, essenziell vs. supplementär

Normierender Einfluss auf Umgebungsbedingungen

typische Intensitäten

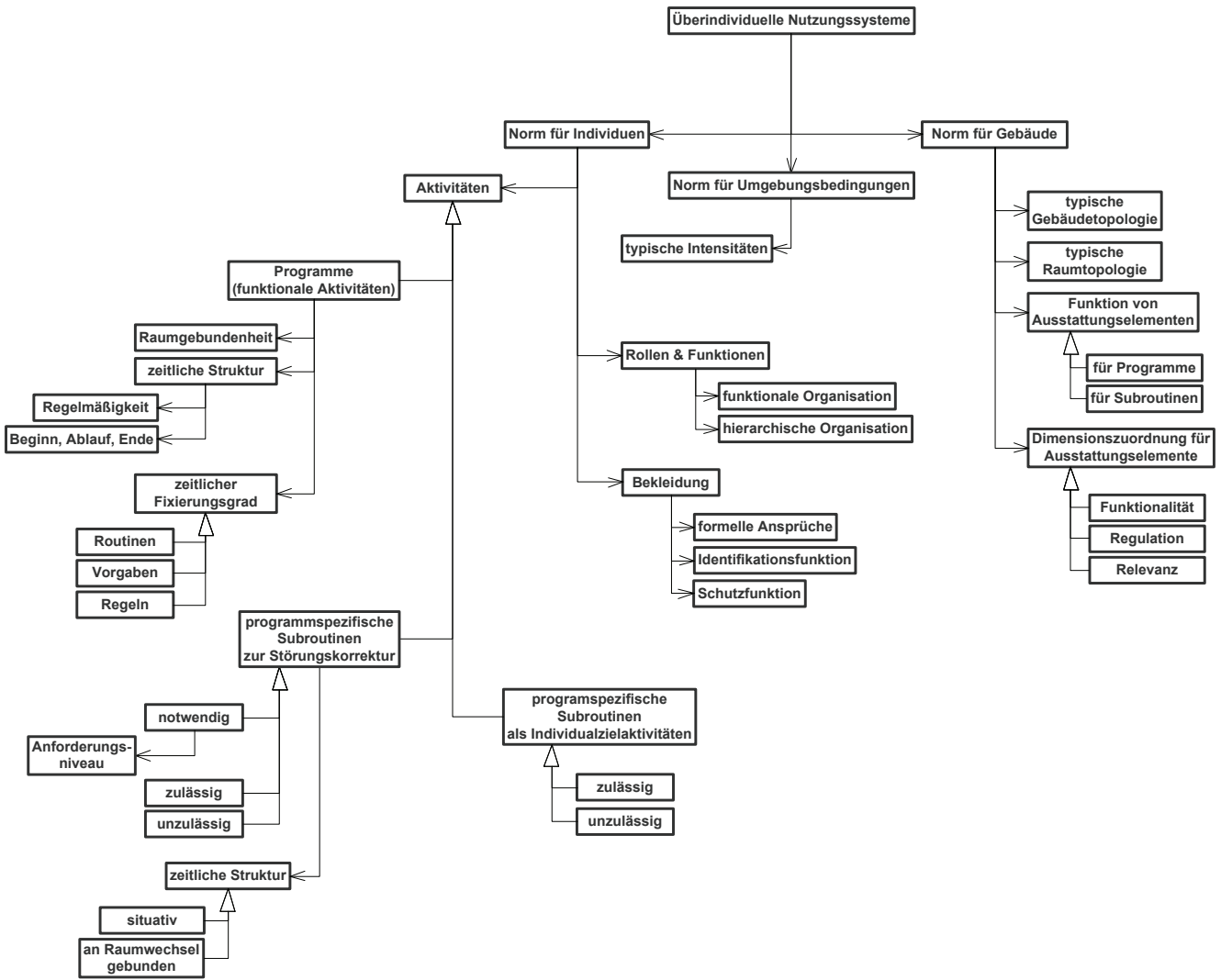


Abbildung 49 Grafische Darstellung der Taxonomie der überindividuellen Nutzungssysteme.

5. AUSWAHL GEEIGNETER RAHMEN- THEORETISCHER ANSÄTZE AUS DER PSYCHOLOGIE



5.1 Konzeptualisierungsziel dieses Kapitels

Das Ziel dieses Kapitels besteht darin, diejenigen psychologischen Rahmentheorien zu identifizieren, die, durch eine problemspezifische Anpassung und Weiterentwicklung, die Prognose des Interaktionsverhaltens eines Nutzers mit dem Gebäude ermöglichen können. Im zurückliegenden Kapitel 4 wurden dafür - auf der Basis einer umfassenden Analyse einer quasi-realen Tagesabläuferzählung - diejenigen Realitätskomponenten identifiziert, die für diese Interaktionshandlungen einen potenziellen Handlungskontext darstellen. Diese Realitätskomponenten wurden nicht nur lose beschrieben, sondern vor allem taxonomisch und ontologisch geordnet, sodass sie jetzt als Basis für die zielgerichtete Suche nach geeigneten wissenschaftlichen Konzepten dienen können.

Eine erste Ordnungsstufe bestand darin, das Gesamtfeld der Realitätskomponenten in die kategorialen Grundbereiche *Umgebungsbedingungen*, *Gebäude*, *Individuum* und *überindividuelle Nutzungssysteme* zu gliedern. Dabei wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass nicht nur die Bereiche „Individuum“ und „überindividuelle Nutzungssysteme“, sondern *auch* die Grundbereiche „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ aus dem Blickwinkel des Individuums beschrieben wurden. Diese Beschreibungen dienen somit nicht - wie der Ingenieurleser möglicherweise zunächst intuitiv annehmen könnte - einer physikalischen bzw. ingenieurtechnischen Kategorisierung. Vielmehr handelt es sich bei dem Gegenstand dieses Ordnungsschritts um das *subjektive Realitätsbild* des Nutzers, dessen Blickwinkel in Teilen zwar deckungsgleich mit einer objektiv-technischen Sicht ist, dieser jedoch nicht pauschal entspricht.

Im ersten Arbeitsschritt wurden die Kategorialebereiche „Umgebungsbedingungen“, „Gebäude“ und „Individuum“ - einer gedachten Kausalkette der von außen durch die Gebäudehülle bis zum Gebäudenutzer vordringenden Umgebungsbedingungen folgend - taxonomisiert und deren Interrelationen dargestellt. Auf der Basis dieser Ordnung konnte anschließend eine erste, vorthoretische Analyse des Komplexes „Handlungen“ - aufgeteilt einerseits in die Beschreibung von Handlungs- und Aktivitätstypen und andererseits in die Beschreibung von Handlungsprozessen - durchgeführt werden. In die generelle Beschreibung des Prozessablaufs von Handlungen ließ sich dabei die zuvor beschriebene subjektive Wahrnehmung von Umgebungsbedingungen, Gebäude und Individuum als ein wichtiger Baustein integrieren. Hinzu kamen dann jedoch weitere Prozessbausteine, wie z.B. Planungsprozesse, Orientierungsprozesse, Vergleichsprozesse, usw.

Da sich gezeigt hatte, dass die Handlungen des Individuums nicht alleine durch seine individuellen Wahrnehmungen und persönlichen Absichten und Möglichkeiten bestimmt, sondern ebenfalls durch überindividuelle Sozial-Geschehenssysteme geprägt werden, wurden anschließend Hinweise auf diese überindividuellen Kontexte gesammelt. Dabei konnte z.B. gezeigt werden, dass die Bereiche „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ nicht nur eine individualpsychologische Bedeutung, sondern eben auch eine erhebliche Bedeutung im Rahmen überindividueller Nutzungssysteme aufweisen. Der quantitative Umfang der für diesen Kategorialebereich identifizierten Eigenschaften fiel jedoch im Vergleich mit der Analyse der übrigen Bereiche relativ gering aus. Der Gedanke liegt hier nahe, dass überindividuelle Einflüsse durch eine subjektive, aus dem Blickwinkel eines Individuums verfasste, Realitätserzählung nur ansatzweise erfasst werden können.

Daraus ergibt sich eine wesentliche Konsequenz für die weitere Arbeit. Die gewählte Methodik, die für die Prognose des Nutzerverhaltens relevanten Realitätskomponenten auf der Grundlage einer alltagssprachlich verfassten Tagesabläuferzählung zu identifizieren, stellt ein heuristisches Hilfsmittel dar. Dies hat zur Folge, dass der Schwerpunkt der bisherigen Analyse auf Aspekten lag, die offenbar durch das Individuum wahrnehmbar und artikulierbar sind. Wie im vorangegangenen Absatz mit Bezug auf überindividuelle Nutzungssysteme jedoch bereits angedeutet, schließt das nicht aus, dass Prozesse existieren, die das Nutzerverhalten zwar beeinflussen, durch den Nutzer aber nicht in seinem gesamten Umfang zur Kenntnis genommen werden. Sie tauchen also in der Realitätsbeschreibung und deren anschließender Analyse nicht auf. Die Konsequenz, die sich daraus für die weitere Bearbeitung ergibt, besteht darin, nicht nur Rahmentheorien für bereits in Abschnitt 4 angeführte Zusammenhänge zu identifizieren, sondern gleichzeitig dort nach notwendigen, verbindenden Theorieelementen zu suchen, wo momentan noch „Leerstellen“ existieren. Diese Theorieelemente ergeben sich somit indirekt aus der Realitätsanalyse: Eben nicht, indem sie bisher konkret benannt wurden, sondern dadurch, dass sie notwendige, bisher unsichtbare Verbindungsstücke zwischen den bereits beschriebenen Anteilen darstellen.

Um diesen Zusammenhang an einem Beispiel zu konkretisieren: Der in Abschnitt 4.3.11 auf Seite 167 beschriebene Handlungsprozess beginnt mit der Wahrnehmung verschiedener Bestandteile der Umwelt des Individuums. Die Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen ist jedoch begrenzt, nicht alle Informationen, welche die Umwelt bietet, können zur gleichen Zeit aufgenommen und verarbeitet werden. Um einen bestimmten Ausschnitt seiner Umwelt wahrzunehmen, muss das Individuum also seine Aufmerksamkeit diesem Ausschnitt zuwenden und dafür einem anderen Ausschnitt entziehen. Dieser Aspekt klingt schemenhaft in Abschnitt 4.3.10.2.2.B auf Seite 156 über die sogenannten Übergangsaktivitäten an. Damit wurden Aktivitäten beschrieben, die der Gestaltung des Übergangs zwischen zwei Kernaktivitäten dienen. Bevor also beispielsweise von der funktionalen Aktivität „Text verfassen“ zur Störungskorrekturaktivität „Fenster öffnen“ gewechselt wird, muss die funktionale Aktivität temporär abgeschlossen und die Störungskorrekturaktivität eingeleitet werden. Eine Übergangsaktivität wäre dann z.B. „den Absatz zu Ende schreiben“ und „den Stift weglegen“. Durch diese Übergangsaktivität erfolgt also ein Umfokussieren der Aufmerksamkeit von der einen auf die andere Aktivität. Tatsächlich erfordert die Beschäftigung mit Wahrnehmungstheorien praktisch immer auch die Beschäftigung mit entsprechenden Aspekten von Bewusstseinstheorien. Letztere stellen somit ein notwendiges, verbindendes Theorieelement dar, auf welches auf der Basis des Abschnitts 4 logisch geschlossen werden kann.

Alle bisher erfolgten Darstellungen sind insofern vortheoretisch, als sie beobachtbare Phänomene lediglich beschreiben, jedoch nicht die kausalen Zusammenhänge zwischen Ursachen und Ergebnissen theoretisch analysieren. Beispielsweise wurden Begriffe wie „Bewertung“, „Wahrnehmung“ oder „Planung“ bisher weitestgehend in ihrer alltagssprachlichen Bedeutung verwendet, obwohl sich dahinter komplexe, psychologische Modellvorstellungen verbergen. Darüber hinaus wurden die bisher herausgearbeiteten, einzelnen Realitätskomponenten lediglich partiell in Zusammenhang gebracht (z.B. die Komponenten „Wahrnehmung“, „Handlungsplanung“ und „Handlungsentscheidung“ im Zuge der Darstellung des Handlungsprozesses in Abschnitt 4.3.11 auf Seite 167 oder verschiedene Komponenten der Kategorialbereiche im Zuge der unterschiedlichen ontologischen Interrelationsdarstellungen). Tatsächlich ist es jedoch für die Entwicklung einer umfassenden Theorie der Interaktionshandlungen eines Individuums innerhalb eines Gebäudes erforderlich, einen kohärenten *Gesamtzusammenhang* zu erstellen.

In dem vorliegenden Abschnitt soll nun überprüft werden, ob sich für die bisher identifizierten Zusammenhänge psychologische Rahmentheorien finden lassen, die geeignet sind, die Interrelationen zwischen den Realitätskomponenten im Sinne eines „Kontextes“ kausal zu erklären und zu begründen. Das generelle, übergeordnete Ziel besteht dabei in der *wissenschaftlichen Konzeptualisierung* der in Abschnitt 4 beschriebenen Zusammenhänge. Mit diesem Schritt schließt sich eine Art Kreis: Wurden die Wirkungszusammenhänge in der Realitätserzählung noch *beispielhaft* und *konkret* - dafür jedoch *ungeordnet* und *unvollständig* - aufgeführt, so konnte daraus im weiteren Verlauf des Abschnitts 4 induktiv auf *allgemeingültige* Zusammenhänge der Realität geschlossen werden. Diese konnten sodann auf einer abstrakten Ebene taxonomisiert und ontologisch geordnet werden. *Beispielhafte* Merkmalsausprägungen wurden im Verlauf dieses Vorgehens also durch übergeordnete, *allgemeingültige* Merkmale ersetzt. Am konkreten Beispiel bedeutet dies, dass z.B. von den Begriffen „Temperatur“, „Sonnenstrahlung“ oder „Wind“, die in der Realitätserzählung auftauchten, auf den übergeordneten Begriff „Art der Umgebungsbedingung“ geschlossen wurde, dass die Begriffe „Sonnenschutz“ und „Fenster“ unter dem allgemeingültigeren Begriff „regulative Ausstattungselementen“ zusammengefasst wurden, und dass die beispielhafte Beschreibung der Windanfälligkeit des Sonnenschutzes durch den abstrakteren Begriff der „Schadenanfälligkeit der Ausstattungselemente“ ersetzt wurde. Somit wurden übergeordnete Beschreibungseinheiten geschaffen und übergeordnete Abhängigkeiten aufgezeigt, für die in den nun folgenden Schritten überprüft werden muss, ob sie durch rahmentheoretische Ansätze aus der Psychologie theoretisch erfasst werden können. Gelingt diese psychologisch-wissenschaftliche Beschreibung der Zusammenhänge in einem hinreichenden Maß, so können durch die Anwendung eines daraus abgeleiteten Modells in Zukunft - quasi auf dem umgekehrten Weg - konkrete Zusammenhänge aus den allgemein beschriebenen Zusammenhängen deduktiv abgeleitet werden.

Alle Betrachtungen potenziell verwendbarer Rahmentheorien folgen dabei weitestgehend den drei hier beschriebenen Schritten:

- *Die Identifikation verwendbarer Rahmentheorien erfolgt immer auf der Basis der vorthoretischen Beschreibung des Abschnitts 4. Konkret heißt das, dass immer von den dort beschriebenen Zusammenhängen und den dort verwendeten Begriffen ausgegangen wird, um mögliche Rahmentheorien zu identifizieren.*
- *Den Hauptteil wird die Beschreibung der jeweiligen Rahmentheorie einnehmen. Dabei wird versucht werden, die wesentlichen, d.h. für das spezifische Problemfeld nutzbaren, Elemente des jeweiligen Theoriegebäudes zu beschreiben und dabei dennoch den theoretischen Gesamtzusammenhang dieser Rahmentheorie nicht aus den Augen zu verlieren.*
- *Um die mögliche Anwendbarkeit der jeweiligen Rahmentheorie auf das hier vorliegende Problemfeld zu illustrieren, sollen zusätzlich beispielhafte Anwendungsmöglichkeiten entwickelt und dargestellt werden.*

Das gesamte Kapitel ist außerdem in zwei übergeordnete Analysebereiche aufgeteilt:

- *Analyse der Theorien überindividueller Nutzungssysteme - welche die Zusammenhänge systematisieren, die dem Individualsystem übergeordnet sind und in die sich individuelles Handeln einbettet, in Abschnitt 5.3 auf Seite 196).*
- *Analyse individualpsychologischer Theorieansätze - welche einerseits den Kategorialbereich „Individuum“ und seine Interrelationen zu den übrigen drei Kategorialbereichen und andererseits die handlungstheoretischen Aspekte individueller Handlungen betreffen, in Abschnitt 5.4 auf Seite 218.*

Theorien überindividueller Nutzungssysteme werden also individualpsychologischen Theorieansätzen vorangestellt. Dies ist sinnvoll, da sich viele individualpsychologische Theorien nur vor dem Hintergrund der Beschreibung überindividueller Nutzungssysteme erläutern lassen. Diese setzen den Kontext für das individuelle Handeln und stellen somit die Anknüpfungspunkte dar, die dann aus der individualpsychologischen Perspektive aufgenommen werden können.

Voraussetzung für jedwede Analyse ist jedoch, dass Kriterien für die Auswahl geeigneter Rahmentheorien aufgestellt werden. Dieser Schritt erfolgt im nächsten Abschnitt 5.2 und geht damit der eigentlichen Analyse voraus.

5.2 Kriterien für die Auswahl geeigneter Rahmentheorien

Die Voraussetzung für die Verwendung einer spezifischen Theorie ist, dass sie in der Lage ist, die bisher lediglich vortheoretisch und qualitativ beschriebenen Zusammenhänge theoretisch zu fundieren und in einen kohärenten Gesamtzusammenhang zu bringen. Bei genauerem Hinsehen erweist sich diese Anforderung jedoch als recht vage, sodass sie der Konkretisierung bedarf. Der nun folgende Abschnitt dient dazu, einen entsprechenden Kriterienkatalog zu entwickeln.

Die primäre Anforderung, die an eine spezifische Theorie gestellt werden muss, besteht darin, *relevant für das betrachtete Problemfeld* zu sein. Nur so ist es möglich, zu dem Ziel dieser Arbeit beizutragen, die Prognose des Energiehaushalts eines konkreten (geplanten) Gebäudes durch ein Nutzermodell zu verbessern. Unter Einbeziehung dieser Theorie sollte also die Validität des Prognosemodells höher ausfallen als ohne Berücksichtigung dieser Theorie. Diese Voraussetzung wird erfüllt, indem die Theorie einen oder mehrere der Zusammenhänge theoretisch durchdringt, die im Abschnitt 4 auf Basis der Realitätsbeschreibung entwickelt wurden. Es handelt sich demnach um eine *Grundvoraussetzung*, um überhaupt in die Betrachtung mit aufgenommen zu werden.

Die Theorie muss jedoch außerdem einen *ausreichend nennenswerten Beitrag* leisten, anders ausgedrückt, der Aufwand zur Integration in das Modell muss in einem vertretbaren Verhältnis zu der Größe dieses Beitrags stehen. Damit soll sichergestellt werden, dass der voraussehbar hohe Modellumfang auf ein notwendiges und handhabbares Maß begrenzt wird. Indem Theorien mit voraussichtlich geringem Beitrag ausgeschlossen werden, wird die Gesamtzahl der verwendeten Theorien also begrenzt, sodass das Modellvolumen so gering wie möglich ausfällt.

Da das Ziel darin besteht, ein numerisches Modell für die rechnerische Prognose des Nutzerverhaltens zu erstellen, müssen diese relevanten und nennenswerten Beiträge in ein *prozedural-operatives Verfahren* münden (können). Dies bedeutet, dass die kausalen Zusammenhänge, die durch den Theoriebeitrag analysiert und erläutert werden, durch mathematische Modelle darstellbar sein müssen. Wäre dies nicht der Fall, so könnten diese Verfahren nicht in ein computergestütztes Rechenverfahren integriert werden und würden somit für die Gebäudesimulation wertlos sein. Diese Anforderung setzt jedoch nicht voraus, dass die mathematische Darstellung bereits in der „Originalfassung“ der Theorie vorhanden sein muss. Die Möglichkeit einer mathematischen Formulierung muss jedoch absehbar sein. Rein deskriptive Theorien können in dieser Arbeit somit keine unmittelbare Rolle spielen. Allerdings kann die Terminologie deskriptiver Theorien u.U. hilfreich für die Entwicklung des Gesamtmodells sein, sodass deren Verwendung nicht pauschal ausgeschlossen werden soll.

Die *empirische Basis*, auf die sich die Prognosen dieser Theorien stützen, muss für die praktische Anwendung in der Gebäudesimulation mit *angemessenem Aufwand beschaffbar* sein. Modelle, deren Vorhersagekraft auf Daten beruht, die zum Zeitpunkt der Gebäudeplanung nicht oder nur mit unangemessenem Aufwand ermittelt werden können, sind nur eingeschränkt verwendbar. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Umfang verfügbarer Daten für Gebäude in Planung i.d.R. geringer ausfällt als für Gebäude im Betrieb. Dies liegt daran, dass sich viele individuelle und überindividuelle Merkmale in vielen Fällen erst bei der konkreten Nutzung des Gebäudes herauskristallisieren und im Vorhinein häufig nur abgeschätzt werden können. Hier lassen sich jedoch sicherlich Unterschiede in Abhängigkeit des betrachteten Gebäudes feststellen. So können während der Planung eines Schulbaus bereits vielfältige Aussagen über die Art der Individuen oder auch über die Ablauforganisation getroffen werden. Bei einem Bürobau, dessen zukünftige Nutzerzusammensetzung noch nicht absehbar ist, ist diese Prognose jedoch erheblich schwieriger. Es wird daher u.U. - zu einem späteren Zeitpunkt - erforderlich sein, gezielte Verfahren zu entwickeln, um solche Basisdaten bereits während der Bauplanung abschätzen zu können. Aus dieser Perspektive kann es sich als sinnvoll erweisen, in diesem Stadium der Arbeit auch diejenigen Theorien mit aufzunehmen, deren erforderliche Datenbasis umfangreicher als jene ist, die sich in der Planungsphase eines Gebäudes *üblicherweise* ermitteln lässt. Das Gesamtmodell des Nutzerverhaltens ließe sich so anhand eines in Betrieb befindlichen Gebäudes validieren (denn die erforderlichen Daten ständen zur Verfügung), um anschließend mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse ein Verfahren für die Abschätzung solcher Basisdaten während der Planung zu entwickeln.

Diejenigen Theorien, welche die hier aufgeführten Kriterien erfüllen, müssen darüber hinaus miteinander *kompatibel* sein. Dieses Kriterium bezieht sich beispielsweise auf den Abstraktionsgrad der Theorien. Unterscheiden sich zwei Theorien hinsichtlich des Abstraktionsgrades, so müssen sie u.U. in eine vertikale, also hierarchische Ordnung, gebracht werden, um miteinander kompatibel zu sein. Z.B. lässt sich eine handlungstheoretische Betrachtung - wie sie in Abschnitt 4.3.11 auf Seite 167 auf vortheorietischer Ebene erarbeitet wurde - mit Theorien zur Empfindung und zur Wahrnehmung im Kontext dieser Arbeit nur dann in Einklang bringen, wenn sie in ein Überordnungsverhältnis gebracht werden: Dabei stellt die Handlungstheorie in diesem speziellen Fall einen Überbau für die Wahrnehmungstheorie dar. Eine ähnliche Betrachtung gilt für die „horizontale“ Verknüpfung von Theorien, bei der Ergebnisse eines Theoriemodells kompatibel mit den Eingangsdaten des horizontal nachgeordneten Theoriemodells sein müssen.

Ein übergeordnetes Qualitätsmerkmal - wenn auch keine strikte Voraussetzung für die Verwendung in dieser Arbeit - stellen *empirische Belege* dieser Theorie dar. Theoretische Modelle, deren Vorhersagekraft bereits in anderen Zusammenhängen empirisch belegt wurde, werden hier als vielversprechender eingeordnet und es wird ihnen entsprechend der Vorzug gegenüber bisher empirisch unbelegten Modellen gegeben.

Nicht in allen Einzelfällen lässt sich im Vorhinein abschließend prüfen, ob die hier aufgeführten Voraussetzungen durch die Eigenschaften der Theorien erfüllt werden. Außerdem lässt sich absehen, dass Kriterien wie z.B. „Größe des Beitrags“ nur schwerlich im Vorhinein - d.h. vor der Erarbeitung eines vollständigen numerischen Modells - exakt quantifizierbar sind. Sind die Zweifel an der Erfüllung der Voraussetzungen jedoch gering, so wird die entsprechende Theorie mit in die Ausarbeitung aufgenommen. Somit kann verhindert werden, dass möglicherweise wertvolle Theorieansätze voreilig verworfen werden. Stellt sich dann zu einem späteren Zeitpunkt heraus, dass die Anwendbarkeit einer Theorie nicht gegeben ist, so kann diese dann immer noch ausgeschlossen werden.

5.3 Analyse der Theorien überindividueller Nutzungssysteme

Die Taxonomisierung des Bereichs „überindividuelle Nutzungssysteme“ wurde in Abschnitt 4.3.12 durchgeführt. Im Vordergrund dieser Analyse stand die Normierungskraft, die, von überindividuellen Nutzungssystemen ausgehend, auf die Aktivitäten und Eigenschaften des Individuums, auf die Eigenschaften des Gebäudes und schließlich auf die Eigenschaften der Umgebungsbedingungen einwirkt. An dieser Stelle soll nun gezeigt werden, dass dieser Wirkungszusammenhang bereits durch umfassende theoretische Betrachtungen systematisiert wurde. Im Zentrum der Ausführungen wird hier die „Ökologische Psychologie“ und das Konzept der „Behavior Settings“ (BS) von Roger G. Barker und seine Weiterentwicklungen stehen. Andere, möglicherweise ebenfalls plausible Rahmentheorien - z.B. aus dem Bereich der Sozialwissenschaften - werden hier nicht besprochen. Dies liegt nicht allein an der Notwendigkeit, den Umfang dieser Arbeit auf ein vertretbares Maß zu begrenzen. Ausschlaggebender sind zwei Eigenschaften der Ökologischen Psychologie, die jeweils als eine Art Dualität beschrieben werden können und welche die Ökologische Psychologie als einzigartig kennzeichnen: Zunächst die gemeinsame Betrachtung von Geschehenssystem einerseits und Individualsystem andererseits. Diese duale Aufteilung bietet zahlreiche Ansatzpunkte für die erforderliche theoretische Integration des Individualsystems in überindividuelle Geschehenssysteme. Über diesen Aspekt hinaus nimmt jedoch vor allem die Verknüpfung der psychologisch-sozialen Aspekte mit den physisch-materiellen Aspekten der Umwelt eine wesentliche Rolle in der Ökologischen Psychologie ein. Diese Verknüpfung stellt einen essenziellen Bestandteil der theoretischen Betrachtungen von Behavior Settings dar. Da die Interaktionshandlungen von Individuen, die gleichzeitig in ein überindividuelles Geschehenssystem eingebunden sind, im Zentrum des hier betrachteten Problemfelds stehen, eignet sich die Ökologische Psychologie offensichtlich in besonderem Maße als psychologietheoretischer Ansatz.

Zusätzlich erfüllt die Ökologische Psychologie die hier angesetzten Kriterien für die Auswahl geeigneter Rahmentheorien in besonders hohem Umfang und ist auch aus dieser Perspektive alternativlos: Die BS-Theorie wurde durch Barker und sein Forschungsteam auf der Basis unzähliger und langfristig durchgeführter Beobachtungen im Rahmen von Feldforschungen entwickelt. Sie unterschieden dabei zwischen den Methoden des „transducers“, also des Psychologen, der das System lediglich beobachtet und möglichst ungestört lässt, und dem Psychologen als „operator“, der also zielgerichtet eingreift, um die Bedingungen seinen Fragestellungen entsprechend zu manipulieren. Barker selber zählte sich zu den „transducern“ da er versuchte, lediglich zu beobachten, ohne dabei einzugreifen. Die theoretischen Fundamente der BS -Theorie sind somit naturgemäß sehr gut in der Alltagsrealität verankert, da sie unmittelbar aus real Beobachtetem abgeleitet wurden. „Einen alternativen Gesamtentwurf einer psychologischen Ökologie, der dem barkerschen (im wesentlichen auf das BS-Konzept gestützten) in Anspruchsweite, Differenziertheit und empirischer Begründetheit nahe käme, gibt es (bisher) nicht.“ ([Kaminski 2008]).

In den nachfolgenden Unterabschnitten wird die Theorie der Ökologischen Psychologie in ihren Grundzügen erläutert. Diese Erläuterungen basieren im Wesentlichen auf [Barker 1968], [Barker & Wright 1954] und [Kaminski 2008]. Ergänzungen anderer Autoren sind innerhalb des Textes mit Quellenangabe gekennzeichnet. Insbesondere die Darstellungen der Weiterentwicklungen nach Barker gehen auf [Kaminski 2008] zurück.

Die Theorie der Behavior Settings wurde nicht entwickelt, um irgendwann in der thermischen Gebäudesimulation angewendet zu werden. Im Anschluss an die Darstellung des BS-Konzeptes folgen daher einige Hypothesen und Aussichten darauf, welche Rolle Behavior Settings in der thermodynamischen Simulation von Gebäuden einnehmen könnten. Dabei wird ergänzend immer auch der Bezug zu der Analyse der Realitäts-erzählung in Abschnitt 4 hergestellt.²⁴

²⁴ Ein Hinweis zur gewählten Schreibweise: Der englische Begriff „behavior setting“ wurde in der deutschen Fachliteratur nicht in die deutsche Sprache übersetzt. Allerdings wird der Begriff in der deutschen Sprache - im Gegensatz zur englischen Originalliteratur von [Barker 1968] und [Barker & Wright 1954] - mehrheitlich mit großen Anfangsbuchstaben versehen. Diese Form der Eindeutschung wird hier übernommen und der Begriff entsprechend im Genetiv mit einem „s“ am Ende versehen. Andererseits werden viele weitere englische Begriffe der Originalliteratur, die nicht in vergleichbarer Form eingedeutscht wurden, für diese Arbeit auch nicht übersetzt, sondern im Original verwendet. Sie sind durch Anführungszeichen gekennzeichnet und werden - der Originalliteratur entsprechend - klein geschrieben. Diese Verwendung der Originalbegriffe wird als vorteilhaft erachtet, da sie die Aussageschärfe ursprünglicher Formulierungen erhält und die Doppelung theoriespezifischer Fachbegriffe verhindert.

5.3.1 Barkers Ökologische Psychologie

[Barker 1968] sah einen Mangel in der wissenschaftlichen Psychologie seiner Zeit darin, dass sie stets versuchte, individuelles Verhalten unter definierten und streng kontrollierten Randbedingungen in Experimenten und klinischen Studien zu betrachten, zu beschreiben und zu erklären. Gleichzeitig war jedoch sehr wenig über das raum-zeitliche Auftreten genau dieser Bedingungen und ihrer Zusammenhänge innerhalb des natürlichen „Habitats“ der Menschen, also in der Realität des täglichen Lebens, bekannt. Neben der Variabilität der individuellen Eigenschaften sah er die Variabilität der menschlichen Umwelt als eine ebenso bedeutende Quelle für beobachtbare Verhaltensunterschiede an. Tatsächlich registrierte er, dass Teilaspekte des Verhaltens von Kindern eine größere *intraindividuelle* Varianz über verschiedene Umgebungen („settings“) aufwies als *interindividuelle* Unterschiede innerhalb eines einzigen „settings“. Die Umwelt des Menschen betrachtete er als stark strukturiertes Arrangement aus Objekten und Ereignissen, das in der Lage ist, Verhalten in Übereinstimmung mit seiner eigenen Dynamik quasi zu erzwingen: *„It is the rules of the game, and the arrangement of things and people according to these rules, which constitute the essential, unitary environment of the players; it is these that shape the lifespace of each player“* ([Barker 1968], S. 9).

Die einzelnen, individuellen Verhaltensströme sind funktional und strukturell an die aktuelle Umgebung, das Habitat, angepasst. Durch Übergang von einem „setting“ in ein anderes entstehen Habitatabfolgen mit Regeln, die jeweils diesem Habitat zueigen sind und eine spezifische Auswirkung auf das Verhalten des Individuums ausüben. Wird der Kontext „seziert“ und dadurch in seine Bestandteile zerlegt, geht jedoch genau dieser Zusammenhang und der Blick auf seine Wirkung verloren: *„By dealing with such contexts in terms of their discriminable parts, and processing them by probability statistics, we destroy what we are searching to discover“* ([Barker 1968], S. 9).

Die Sinnhaftigkeit und Notwendigkeit einer ökologischen Betrachtungsweise in der Psychologie macht Barker an alltäglichen Begebenheiten deutlich: Die unmissverständliche Bedeutung eines Wortes – so ein Beispiel von ihm – kann eben nicht alleine aus dem Wort selber oder in Zusammenhang lediglich mit seinen unmittelbar benachbarten Worten in einem Satz begriffen werden. Stattdessen ist der gesamte Zusammenhang, bestehend aus dem vollständigen Satz oder sogar dem Abschnitt, für das Verständnis erforderlich. Wesentliche Komponenten des menschlichen Verhaltens sind ebenfalls nicht alleine durch Betrachtung der Person und der Schnittstelle zu seiner unmittelbaren Umwelt erklärbar, schon gar nicht wenn diese Umwelt zusätzlich in ihre Komponenten zerlegt wird, wie es in der Statistik üblich ist. (Auf diese potenzielle Mehrdeutigkeit isoliert betrachteter Handlung wurde bereits einleitend in Abschnitt 3 dieser Arbeit hingewiesen.) Die Regeln eines Baseballspiels oder die Rollen der Spieler in ihm – so ein weiteres sehr illustratives Beispiel von Barker – sind für einen Außenstehenden nicht begreifbar, indem die Beobachtung auf den Spieler und die Schnittstelle zu seiner unmittelbaren Umwelt beschränkt wird. Das Wissen um die Anzahl, Richtung und Geschwindigkeit der vom Spieler gefangenen Bälle ermöglicht keine Aussagen über das Wesen des Spiels und somit über das Handeln der Spieler. Egal welche Korrelationen untersucht und quantifiziert werden, ohne die Aufweitung des Blicks auf das Gesamtereignis muss das Verständnis für das Spiel begrenzt bleiben.

In Abschnitt 3 auf Seite 35 wurden die in der Vergangenheit entwickelten Modelle zur Vorhersage des Nutzerverhaltens in Gebäuden bereits unter diesem Aspekt beleuchtet und kritisiert. Deren bisheriges Vorgehen ist vergleichbar mit der von Barker kritisierten Vorgehensweise in der Psychologie. Zum einen existieren Laboruntersuchungen, bei denen Probanden definierten Klimabedingungen ausgesetzt werden und ihre verbal ausgedrückte Reaktion auf diesen Reiz statistisch ausgewertet wird. So sind Behaglichkeitsindizes wie z.B. der PMV (Predicted Mean Vote) von [Fanger 1970] entwickelt worden. Andererseits wurden mittlerweile in einer großen Anzahl Felduntersuchungen durchgeführt (siehe die Ausführungen in Abschnitt 2 auf Seite 13). Hier wurden zwar Feldsituationen untersucht, die Methodik ähnelt jedoch sehr der von Barker beispielhaft geschilderten Betrachtung des Baseballspielers: Die beobachteten Größen sind ausschließlich jene, die unmittelbar an der Systemgrenze des Nutzers wirksam werden. Anschließend werden diese Größen statistisch zerlegt und daraus stochastische Modelle entwickelt. Genau das, was Barker für die Psychologie gefordert hat, nämlich die Aufweitung des Blicks auf einen größeren Geschehenszusammenhang, bleibt hier aus. Die Berücksichtigung

seiner Erkenntnisse und der Ergebnisse der dadurch initiierten Forschung bei der Entwicklung eines Prognosemodells für das Interaktionsverhalten eines Gebäudenutzers ist daher gewinnversprechend.

5.3.1.1 Definition von Behavior Settings

Die theoretischen Erkenntnisse Barkers basieren auf sehr umfangreichen Felduntersuchungen, die er zwischen dem 1. September 1963 und dem 31. August 1964 in Oskaloosa, USA mit seinem Forschungsteam durchgeführt hat. Dabei wurde mit sehr großem Aufwand das öffentliche Leben in dieser Kleinstadt beobachtet, protokolliert, analysiert und schließlich systematisiert. Die Wissenschaft davon nannte er Ökologische Psychologie („ecological psychology“) da sie die *Wechselbeziehungen zwischen den Menschen und ihrer Umwelt* beschreibt. Diese Theorie der Ökologischen Psychologie nimmt also eine transaktionalistische Perspektive ein. Dies bedeutet, dass weder Verhaltens- noch Habitatströme unabhängig von einander, sondern stets in ihrem sich gegenseitig bedingenden Kontext, in ihrem Miteinander-Verbundensein betrachtet werden. Hierzu wurde eine Vielzahl an Begriffen von Barker eingeführt und definiert, die schließlich zu dem Konstrukt des Behavior Settings führten. Diese Begriffe werden im Rahmen dieses Definitionsabschnitts erläutert.

5.3.1.1.1 *Standing patterns of behavior*

Ein „standing pattern of behavior“ ist eine typische *Verhaltensgrundeinheit* („behavior unit“), welche typischerweise unter bestimmten Bedingungen auftritt. Es handelt sich um eine diskrete, also abgeschlossene, Entität mit einer unzweideutigen Lokalisierung in Raum und Zeit. Ihre Eigenschaften sind unabhängig von den teilnehmenden Individuen und somit extraindividuell und konstant. Es ist das Verhalten von „men en masse“, also das typische Mehrheitsverhalten. Als Beispiele, in denen typische „standing patterns of behavior“ auftreten, nennt Barker ein Basketballspiel, eine Messe, eine Klavierstunde.

5.3.1.1.2 *Milieu*

Das Milieu („milieu“) – oder Habitat, Soma – ist eine Konstellation *zeitlicher, örtlicher* und *dinglicher* Größen, denen die „standing pattern of behavior“ anhaften (auch non-psychologisches Milieu, „nonpsychological milieu“). Das Milieu ist *synomorph* zum Verhalten, d.h. es weist notwendigerweise eine strukturelle Ähnlichkeit auf: Der Rand des Verhaltens ist kongruent zum Rand des Milieus, somit verfügen sie über eine gemeinsame Grenze. So ist beispielsweise die raum-zeitliche Verortung einer Klavier-Unterrichtsstunde ein Teil des zum Klavierspielverhalten zählenden Milieus. Das Milieu hat somit zeitliche Grenzen, die automatisch das entsprechende Verhaltensmuster beginnen und enden lassen. Die physische Repräsentanz des Klaviers (z.B. Sitzhocker, Tasten) ist so angeordnet, dass Klavierspielen („vor dem Klavier sitzen“, „mit den Fingern auf die Tasten drücken“) ermöglicht wird. Somit wird klar, dass Milieu und Verhalten nicht unabhängig voneinander sind, stattdessen muss eine wesentliche Passung („essential fittingness“) vorliegen, sie sind *synomorph*.

Die bauliche Infrastruktur, die natürliche Umgebung, das momentane Datum, die Temperatur und Gegenstände im Allgemeinen zählen z.B. zum non-psychologischen Milieu. In der Konzeptualisierung der BS-Theorie spielt das Milieu jedoch ausschließlich in seinem aktuellen Bezug zum Geschehenssystem eine Rolle. Außerhalb des aktuellen Geschehens findet das Milieu erst bei [Wicker 1987] theoretische Beachtung ([Kaminski 2008]).

5.3.1.1.3 *Verhaltens-Milieu-Synomorphe*

Die Konstellation von „standing pattern of behavior“ und dazu synomorphem Milieu wird als „Verhaltens-Milieu-Synomorph“ oder „Verhaltens-Habitat-Synomorph“ bezeichnet. Das Verhalten wird dabei als mit dem entsprechenden Milieu „verankert“ betrachtet.

Hier findet sich eine Hierarchie in der Organisation von Verhaltens-Habitat-Einheiten (ökologischen Einheiten), die sich durch ihren Konkretheitsgrad und ihr Funktionsniveau unterscheiden. Auf der untersten,

konkretesten Ebene befinden sich die *Verhaltensepisoden* („behavior episodes“), welche die *fundamentalen Grundeinheiten* des *Transaktionsstroms* darstellen und durch eine konstante Richtung, die Betrachtbarkeit mit bloßem Auge, eine mehr oder minder konstante Intensität der Handlung über den Episodenzeitraum und eine begrenzte Ausdehnung charakterisiert werden. Ein Beispiel für zwei aufeinander folgende Episoden aus [Barker 1968], S. 146: „From her jeans pocket Maud now took an orange crayon“ . „She brushed it across her lips as if it were a lipstick“.

Verhaltensobjekte („behavior objects“) stellen die nächste Ebene mit einem höheren Funktionsniveau dar. Der Begriff beschreibt den transaktionalen Prozess des Umgehens mit einem „Ding“. Der Prozess „Nagel einschlagen mit einem Hammer“ ist ein Beispiel dafür. Das Verhaltensobjekt ist synomorph (das Milieu „Hammer und Nagel“ ist synomorph zum Verhalten „hämmern“) wobei davon gesprochen wird, dass das Verhalten das Milieu umgibt. Nach [Barker & Wright 1954] sind Verhaltensobjekte Träger bzw. Repräsentanten der jeweiligen Kultur und zwar in einem sich gegenseitig beeinflussenden Sinn: Kulturkreise verknüpfen typisches Verhalten mit Gegenständen, schaffen sich jedoch auch Gegenstände, um mit diesen auf eine typische Art umzugehen („carriers of culture and [...] products of culture“, S. 306). Weiterhin differenzieren sie zwischen *sozialen* und *nicht-sozialen* Verhaltensobjekten. Aus der Sicht des Einzelnen stellt der Umgang mit anderen Personen soziale Verhaltensobjekte dar, da diese zum einen als Teil der sozial-physischen Welt zum Milieu zählen (objektiv beschreibbar durch Alter, Geschlecht, Größe, usw.), zum anderen jedoch auch Gegenstand typischer Verhaltensmuster, der „standing pattern of behavior“ sind.

Verhaltensobjekte sind i.d.R. Bestandteil („furniture“) eines *Behavior Settings* (BS). In einem Behavior Setting umgibt das Milieu das Verhalten, somit ist ein BS stärker an Orte gebunden, in denen Handeln stattfindet als an einzelne Dinge (wie an einen Hammer). [Barker & Wright 1954] zählen einige Phänomene auf, die zur Identifikation beitragen: Behavior Settings sind sichtbare und eindeutige Geschehenssysteme, die auch von Laien und nicht nur von Spezialisten erkannt und alltagssprachlich beschrieben werden können. Sie weisen nach innen eine Dynamik auf, die auf der Interaktion von Personen, non-psychologischem Milieu und Verhalten beruht. Nach außen sind sie zwar abgeschlossen, jedoch nicht unabhängig von anderen Behavior Settings. Zudem sind sie üblicherweise reich an diskriminierbaren Einzelteilen, seien sie als Verhaltens-Milieu-Synomorphe Teil von Verhaltensströmen oder nicht.

Mit dem Begriff der Synomorphie wird bei Barker beschrieben, dass das Verhalten und das Habitat - als Voraussetzung der Transaktionalität - strukturell zueinander passen. Es handelt sich demnach um einen deskriptiven Begriff, der jedoch in manchen späteren Entwicklungen nach Barker zu einer dimensional Größe weiterentwickelt wird. Dort kann Synomorphie also als Evaluierungskriterium für die strukturelle Übereinstimmung zwischen Akteur und Umwelt genutzt werden. An anderer Stelle wird von der Beschränkung auf Strukturmerkmale Abstand genommen und der Synomorphie-Begriff somit inhaltlich auf andere Eigenschaften von Akteur und Umwelt erweitert: beispielsweise Einstellungen und Kompetenzen auf Seiten des Akteurs und geforderte Aktivitäten als Umweltmerkmal ([Kaminski 2008]).

5.3.1.1.4 Synomorphiequellen

Synomorphie zwischen Verhalten und Milieu ist eine wesentliche, konstitutive Eigenschaft eines Behavior Settings. Es ist daher von Bedeutung, der Frage nachzugehen, welche die Kräfte sind, die Verhalten überindividuell in bestimmte Bahnen lenken. Barker führt folgende Kräfte auf:

- *Physische Kräfte: Die physische Anordnung von Gegenständen und der Infrastruktur ermöglicht, erleichtert und verhindert bestimmte Arten von Verhalten. So zwingt das Straßen- und Wegenetz beispielsweise zur Fortbewegung in den entsprechenden Mustern. Raumgrößen und deren relative Anordnung zueinander ermöglichen oder verhindern bestimmte Nutzungen, z.B. wenn Räume zu klein für Besprechungen oder ihrer Form nach nicht für Unterricht geeignet sind. In Gebäuden korreliert daher die Nutzungsabsicht mit den physischen Eigenschaften.*

- *Soziale Kräfte: Soziale Kräfte gehen in hierarchischen Strukturen von Führungskräften und Verantwortungsträgern aus. Sie können innerhalb ihres Kompetenzrahmens Verhaltensweisen erzwingen. Beispielsweise hat ein Professor während der Vorlesung die Machtposition inne, die Studenten zu Ruhe und Aufmerksamkeit aufzurufen und seine Forderung – notfalls durch Entfernen störender Kräfte – auch durchzusetzen. Andererseits können diese Kräfte auch von „der Masse“ ausgehen und dem Wunsch des Individuums, mit der Masse konform zu sein. Somit kommt es beim klassischen Theaterbesuch i.d.R. zu einer weitestgehend einheitlichen Kleidung. Viele andere soziale Kräfte, die im weitesten Sinne Wünsche und Bedrohungen hervorrufen, sind konformitätsstiftend (Modediktat, Traditionen, religiöse Ansichten, u.v.m.).*
- *Physiologische Kräfte: Barker nennt hier den physiologisch bedingten, sicherlich etwas steifen und tollpatschigen Bewegungsablauf von Personen, die in Kühlräumen arbeiten. Andere denkbare Beispiele wären die eingeschränkte verbale Kommunikation und das Ausweichen auf Zeichenkommunikation in lauten Umgebungen (Flugzeuginweiser auf einem Flugfeld, Arbeiter in Werkhallen).*
- *Physiognomische Wahrnehmung: Hiermit beschreibt Barker den kanalisierenden Einfluss, den die (zielgerichtete) Organisation bestimmter Stimuli des non-psychologischen Milieus auf das Verhalten hat. Einkaufspassagen laden zum Flanieren, nicht zum Rennen ein, offene Flächen laden Kinder zum Spielen und Herumtollen ein, nicht zu geordneter Bewegung.*
- *Lernen: Der kontinuierliche Prozess des Lernens, bestimmte Verhaltensregeln zu beachten, ist eine wesentliche Quelle für Synomorphie. Kinder müssen z.B. erst lernen, sich während des Schulunterrichts still zu verhalten oder im öffentlichen Straßenverkehr auf Autos zu achten. Betritt ein Erwachsener einen anderen Kulturkreis muss auch er für bestimmte Situationen neue Regeln erlernen.*
- *Selektion durch BS: Behavior Settings verfolgen häufig ein bestimmtes Ziel oder wenden sich an bestimmte Zielgruppen. Entsprechen Individuen nicht dieser Zielgruppe oder widersetzen sie sich dem Ziel des BS, so können sie entfernt oder gar nicht erst zugelassen werden oder sie bleiben freiwillig fern. Liebhaber klassischer Konzerte fühlen sich möglicherweise auf einem Punkkonzert fremd und bleiben diesem daher fern. Jugendliche werden ab einem bestimmten Alter bei den Pfadfindern erst gar nicht zugelassen. Jemand, der während eines Skattuniers insistiert, zu pokern, wird vermutlich ausgeschlossen.*
- *Einfluss des Verhaltens auf das Milieu: Ist ein (Multisetting-) Synomorph existent und grundsätzlich funktionsfähig, kann dennoch ein (temporärer) Bedarf an neuen oder veränderten Synomorphen bestehen. Ein bestehendes Wegenetz kann durch Trampelpfade ergänzt werden, auf dem Schulhof entstehen Raucherecken oder eine Wohnung wird zeitweilig für eine Feier hergerichtet.*

5.3.1.1.5 Das psychologische Habitat

Während sich die physischen Aspekte von Verhalten und Milieu durch eine objektiv beschreibbare Synomorphie im BS auszeichnen, sind die beiden Bereiche auf der psychologischen Ebene „inkommensurabel“. Um sich auf das Handeln auswirken zu können, müssen die physischen und physikalischen Eigenschaften des Milieus in die „Koordinaten“ der psychologischen Welt transformiert werden. Den dadurch gegebenen, psychologischen Kontext des Handelns nennen [Barker & Wright 1954] *psychologisches Habitat* („psychological habitat“). Ihnen zufolge handelt es sich um ein dynamisches System, welches die handelnde Person und das non-psychologische Milieu quasi als Interface verknüpft. Die aktuelle Konstituierung des psychologischen Habitats hängt dabei von Milieu, Individuum und Verhalten ab. Das psychologische Habitat ist zunächst individualspezifisch. Das Bestehen eines Behavior Settings setzt jedoch eine zumindest in den relevanten Teilen vergleichbare Abbildung des Milieus in den individuellen psychologischen Habitaten einer Gruppe voraus.

Die vielfältigen biometeorologischen Indizes (z.B. PMV nach [Fanger 1970]), deren Ziel es ist, das Behaglichkeitsempfinden auf der Basis objektiver Daten (z.B. der Temperatur) abzubilden, stellen Versuche dar, einen Ausschnitt des psychologischen Habitats zu beschreiben. In der weit überwiegenden Mehrheit wurden dafür jedoch lediglich die energetischen und/oder materiellen Umgebungsbedingungen betrachtet, in Ausnahme-

fällen auch individuelle Parameter wie die aktuelle Kleidung oder der aktuelle Metabolismus. Dass der relevante Kontext umfangreicher und vielfältiger ist wird bei Barker beschrieben und wurde im Laufe dieser Arbeit bereits mehrfach erwähnt und begründet.

Das subjektive Realitätsbild des Individuums, das im Zuge des Abschnitts 4 dargestellt, taxonomisiert und ontologisch dargestellt wurde, entspricht - im Prinzip - dem psychologischen Habitat.

5.3.1.1.6 Habitatobjekte

Habitatobjekte („habitat objects“) sind Verhaltensobjekte des psychologischen Habitats. Die kontextfreie Betrachtung des transaktionalen Prozesses mit Bezug auf einen Gegenstand hatte zu dem Begriff des Verhaltensobjekts geführt (bestehend aus Milieu in Kombination mit dem zugehörigen „standing pattern of behavior“). Im Verlauf eines übergeordneten, individuellen Transaktionsstroms wird das Verhaltensobjekt jedoch zu einem Habitatobjekt, da es sich mit den Zielen und Vorstellungen aus dem individuellen psychologischen Habitat verknüpft. Das Schließen (Verhalten) eines Fensters (Milieu) ist im Sinne Barkers ein Verhaltensobjekt und wird als Teil des Prozesses, die Raumtemperatur zu ändern (Milieu) und damit „komfortablere“ Raumbedingungen zu schaffen (psychologisches Habitat) zum Habitatobjekt.

In dem Zusammenhang wird deutlich, dass das typische Verhalten („standing pattern of behavior“), das einem Verhaltensobjekt anhängt, eine vielfältige Ausprägung haben kann und dass das Individuum mit dem Verhaltensobjekt unterschiedliche Ziele verfolgen kann. Welche Handlung durchgeführt wird und welches Ziel damit verfolgt wird, ist im psychologischen Habitat des handelnden Individuums repräsentiert. Ein Fenster kann beispielsweise geöffnet oder auch geschlossen werden und dabei können unterschiedliche Ziele verfolgt werden (z.B. Änderung der Temperatur, Luftaustausch oder Verringerung der Lärmimmissionen). Diese Mehrdeutigkeit von isoliert betrachteten Handlungen wurde bereits einleitend in Abschnitt 3 erwähnt. Andererseits kann auch ein Verhaltensobjekt „Fenster putzen“ auftreten, womit wiederum ganz andere Handlungen und Ziele verknüpft sind.

5.3.1.2 Formalisierung und Systematisierung von Behavior Settings

Während in einem Schwimmbad vornehmlich geschwommen wird, wird auf einem Tennisplatz vornehmlich Tennis gespielt und nicht umgekehrt. Diese Feststellung scheint zunächst banal, jedoch liefert die Systematisierung von Geschehen nach den Prinzipien der Ökologischen Psychologie ein machtvolles Instrumentarium, um die nahezu unendlich ausgedehnte Matrix individueller (prinzipieller) Handlungsmöglichkeiten sinnvoll zu begrenzen und zu gewichten. Nachfolgend werden einige Ansätze beschrieben, die helfen, dieses Zusammenspiel von individuellem Handeln und Milieu systematisch zu beschreiben und zuzuordnen.

5.3.1.2.1 Eigenschaften von Behavior Settings

Neben den Grundcharakteristika von Behavior Settings, dem Milieu und den innerhalb des BS auftretenden Verhaltens-Milieu-Synomorphen, speziell den Verhaltensobjekten, existiert eine Reihe zusätzlicher Eigenschaften, durch welche sich Behavior Settings differenzieren lassen. Diese Eigenschaften sind nachfolgend zusammengefasst:

- *Geografischer Ort („geographical locus“): Jedes Behavior Setting ist räumlich unzweideutig lokalisiert. Die verschiedenen, unter 4.3.4 auf Seite 82 aufgeführten, topologischen Gebäudemerkmale können hierfür z.B. herangezogen werden.*
- *Zeitliche Lokalisierung („temporal locus“) und Belegung: Anfangszeiten, Beendigungszeiten, Dauer, Wiederholungsmuster und Ähnliches können zur Beschreibung eines BS herangezogen werden. Daraus lassen sich Größen ableiten, wie z.B. die Auftretenshäufigkeit in Tagen pro Jahr (O, „occurrence“), die Auftretensdauer in Stunden pro Jahr (D, „duration“) und die Summe der Mannzeit pro Jahr (OT, „occupancy time“) wenn die Population P mitberücksichtigt wird.*

- *Population P: Verhalten wird immer durch Personen realisiert, ein BS wird daher auch nach deren Eigenschaften charakterisiert: Anzahl der Teilnehmer, Alter, Geschlecht, soziale Zugehörigkeit, lokal ansässig oder nicht. Hinsichtlich der Anzahl der Teilnehmer wird später der Sonderfall eines „Ein-Personen-BS“ als „solitäres BS“ bezeichnet ([Kaminski 2008]). Ein Einpersonenbüro mit der Population 1 würde demnach ein solitäres BS darstellen.*
- *Hierarchische Organisation der Teilnehmer („functional position of inhabitants“): Eine hierarchische Struktur des BS kann in Abhängigkeit des Einflusses der Teilnehmer(-gruppen) auf das Funktionieren und den Ablauf des BS erfolgen. Barker organisiert die Struktur konzentrisch, wobei sich innen die „performance zone“ mit den „performers“ und „leaders“ befindet und nach außen hin Teilnehmer mit zunehmend weniger Einfluss angeordnet sind. Der Einfluss des Einzelnen wird dann durch die ihm eigene Penetrationstiefe der Hierarchie beschrieben (z.B. Zone 1, ganz außen: Zuschauer, Zone 6, zentral: einzeln verantwortlicher Leiter).*
- *Handlungsvarianten („action patterns“): Diese sind nach dem Sinn und Zweck der Handlung organisiert. Barker unterscheidet zwischen: (1) ästhetisch orientierten, d.h. schöngestigen, (2) wirtschaftlichen, (3) unterrichtenden und lehrenden, (4) behördlichen, verwaltungstechnischen bzw. staatlichen, (5) verpflegenden, der Nahrungsaufnahme dienenden, (6) dem eigenen Auftreten und Erscheinen dienenden, (7) gesundheitsorientierten, (8) berufsbezogenen, (9) erholungsdienlichen, (10) religiösen und schließlich (11) sozialen Handlungen. Hierfür existieren Skalen, die beschreiben in welchem Ausmaß und mit welcher Intensität die einzelnen Kategorien in einem BS vorkommen und wie sie sich auf andere BS auswirken.*
- *Verhaltenskomponenten („behavior mechanisms“): Verhalten erfolgt auf unterschiedlichen Wirkebenen, es wird zwischen einer (1) affektiv-emotionalen, (2) grobmotorischen, (3) bedienenden und handhabenden, (4) verbalen und (5) gedanklich-denkenden Ebene unterschieden. An anderer Stelle wird diese Liste um Singen, Schreiben, Beobachten, Zuhören, Essen, Lesen und Tasten ergänzt. Auch hierfür existieren Skalen, auf denen Ausmaß, Intensität und Geschwindigkeit dieser Verhaltenseinheiten für das zu charakterisierende BS beschrieben werden.*
- *Teilnahmedruck („pressure“): BS können danach unterschieden werden, ob die Teilnahme daran für bestimmte Teile der Population verpflichtend, freiwillig oder auch unerwünscht ist. Für Kinder besteht Schulpflicht, ein Kinobesuch ist freiwillig und kann nur beworben werden und Erwachsene sind in Jugendklubs keine gern gesehenen Gäste.*
- *Autonomie („autonomy“): Der Autonomiegrad eines BS, d.h. die Möglichkeit, das Geschehen unabhängig von übergeordneten Strukturen zu organisieren, kann variieren. Der Schulunterricht z.B. ist strukturell weitestgehend überregional vorgegeben während ein einzelner, selbstständiger Betreiber eines Ingenieurbüros weitestgehend autonom ist.*
- *Profiteur („welfare“): Wenn BS einem Zweck dienen, dann kann danach differenziert werden, welche Gruppe von diesem Zweck profitiert. Die Schulausbildung in Grundschulen dient der gesamten Bevölkerung, während die Ausbildung an Universitäten bestimmten Gruppen vorbehalten ist.*

5.3.1.2.2 Identifikation und konkrete Abgrenzung eines Behavior Settings

Behavior Settings können untereinander ein definiertes Maß an gegenseitiger *Abhängigkeit* aufweisen, beispielsweise durch die Nutzung von zum Teil gleichen physischen Ressourcen. Die Bestimmung dieses Abhängigkeitsgrades einzelner Verhaltens-Milieu-Synomorphe untereinander ist essenziell bei dem Vorhaben, die interne Struktur von Behavior Settings zu bestimmen und von anderen Behavior Settings abzugrenzen, da eine wesentliche Eigenschaft von Behavior Settings die innere *Einheitlichkeit* ist. Der Grad der Ähnlichkeit ist dabei nicht so sehr ein strukturelles als viel mehr ein dynamisches Charakteristikum. Synomorphe können z.B. *strukturell* (räumlich) nahe beieinander liegen („interadjacent“), aufgrund ihrer *dynamischen* Eigenschaften jedoch separierte Synomorphe sein. Andererseits können zwei Synomorphe strukturell separiert sein („structurally external“) und dennoch, aufgrund ihrer dynamischen Funktionsweise, einem einzigen Behavior Setting zugeordnet werden.

Zur Objektivierung dieser Kriterien hat Barker drei Tests entwickelt: den „structural test“, den „internal dynamic test“ und den „external dynamic test“. Der „structural test“ dient dazu, identifizierte Teile der Gemeinde („parts“) daraufhin zu überprüfen, ob sie ein Synomorph darstellen. Ist der Test bestanden - handelt es sich also um ein Synomorph - so erfolgt der „internal dynamic test“, der sich auf strukturell nahe beieinander liegende (Teil-) Synomorphe des „parts“ bezieht und deren gegenseitige dynamische Abhängigkeit testet. Ist die Abhängigkeit geringer als ein definiertes Maß, so handelt es sich um mehr als ein einziges Behavior Setting. Abschließend prüft der „external dynamic test“, ob der untersuchte „part“, sofern er ein Synomorph ist, wechselseitige Abhängigkeiten mit strukturell entfernten Synomorphen aufweist, also Teil eines sogenannten „multiple-synomorph behavior setting“ oder ein unabhängiges Behavior Setting ist.

Zur Quantifizierung der gegenseitigen Abhängigkeit dient der K-Faktor. Er beschreibt für insgesamt sieben Merkmale die Abhängigkeit auf einer Skala von 1 (maximale Abhängigkeit) bis 7 (keine Abhängigkeit). Unterschreitet die Summe der vergebenen Punkte den Wert 21, dann werden die einzelnen Synomorphe einem Behavior Setting zugeordnet (K-21-Test). Die Kriterien sind:

- *Verhaltensabhängigkeit („behavioral interdependence“): das Maß, in dem das Verhalten in Synomorph A direkte Konsequenzen in Synomorph B hat.*
- *Populationsidentität („population interdependence“): das Maß, in dem sich die gleichen Personen an den Synomorphen A und B beteiligen.*
- *Identität der Leitung/ Führerschaft („leadership interdependence“): das Maß, in dem Leiter des Synomorphs A auch Leiter des Synomorphs B sind.*
- *Räumliche Abhängigkeit („spatial interdependence“): das Maß, in dem die Synomorphe A und B im gleichen räumlichen Bereich auftreten.*
- *Zeitliche Nachbarschaft („interdependence based on temporal contiguity“): das Maß, in dem die Synomorphe A und B während der gleichen Zeit auftreten.*
- *Verhaltensobjekte („interdependence based on behavior objects“): das Maß, in dem die Synomorphe A und B gleiche oder ähnliche Verhaltensobjekte verwenden.*
- *Verhaltenskomponenten („interdependence based on similarity of behavior mechanisms“): das Maß, in dem sich in den Synomorphen A und B die Verhaltenskomponenten ähneln.*

5.3.1.2.3 Beziehungen von Behavior Settings untereinander

Die Identifizierung unabhängiger Behavior Settings gemäß der K-21-Methode bedeutet nicht, dass diese Behavior Settings in keiner Relation zueinander stehen.

Horizontale Beziehungen entstehen dadurch, dass die Resultate der Handlungskategorien („action patterns“) eines Behavior Settings auf andere Settings Einfluss ausüben. Dieser wird auf einer Versorgungsskala („supply scale“) gemessen (ein Elektronikladen verkauft Computer, die in einem Büro als Verhaltensobjekt verwendet werden).

Grundsätzlich kann eine horizontale Abhängigkeitsbeziehung zwischen verschiedenen Behavior Settings durch die Sequenz Input – Programmverarbeitung – Output beschrieben werden. Ein BS erhält also eine Summe von Inputs, die es prozessiert und zu Outputs umwandelt. Ein Arzt wird von Patienten aufgesucht, behandelt sie und entlässt sie im günstigsten Fall als geheilte Personen. Dieses Programm weist eine Struktur auf und diese BS-eigene Programmstruktur wird im Wesentlichen in seinen Akteuren gespeichert (Arzt, Arzthelfer, Empfangsmitarbeiter). Je größer die Penetrationstiefe eines Akteurs dabei ist (Arzt > Empfangsmitarbeiter), umso umfangreicher und spezifischer ist das in ihm gespeicherte Programm. Der größte Programmumfang wird dabei von Teilnehmern der Zonen 5 und 6 beherrscht. Zwei getrennte Settings werden daher dem selben *Geno-*

typ zugerechnet, wenn die Leistungsträger der Zonen 5/6 zwischen ihnen ausgetauscht werden können, ohne dass es zu nennenswerten Verzögerungen oder Komplikationen beim Programmablauf kommt (zwei Ärzte der selben Fachrichtung können in einer Praxis ohne große Komplikationen ausgetauscht werden, ein Zahnarzt und ein Internist sind jedoch schon inkompatibel). Als weitere Merkmale einer genotypischen Gleichheit wird die Austauschbarkeit von Milieueigenschaften und Teilnehmerklassen gewertet. Behavior Settings vom gleichen Genotyp verarbeiten zudem ausschließlich die gleiche Art Input. *Phänotypische* Übereinstimmungen zwischen zwei BS - z.B. zwischen dem Geschehen im Büro eines Immobilienmaklers und demjenigen im Büro eines Rechtsanwalts - dürfen über die genotypischen Unterschiede der BS nicht hinwegtäuschen.

Eine *vertikale* Struktur entsteht, wenn das Inklusionsverhältnis analysiert wird: ein „unit-setting“ liegt vor, wenn das betrachtete Setting nicht Teil eines umfassenderen Settings ist. Für den Fall, dass das Setting Bestandteil eines anderen Settings ist, handelt es sich um ein „subsetting“, jedoch nur dann, wenn es selber wiederum „subsettings“ enthält. Enthält es selber keine weiteren „subsettings“, so handelt es sich um ein „cytsetting“. Bei einem Ingenieurbüro handelt es sich z.B. um ein „unit-setting“, das dazugehörige Besprechungszimmer wäre ein „cytsetting“ und das Sekretariat ein „subsetting“, da es ein „cytsetting“ wie z.B. die Kopierstation beinhaltet.

Diese Verschachtelung ist nicht zu verwechseln mit einem *Multisetting-Synomorph*, also einem Verbund mehrerer selbstständiger Behavior Settings (z.B. das Bürohaus in dem das Ingenieurbüro untergebracht ist und mehrere Büros beherbergt).

Eine spezielle Kontroll- und Befugnishierarchie wurde von Barker darüber hinaus durch die „*authority systems*“ eingeführt. Wie oben beschrieben, zeichnet sich ein Behavior Setting durch seinen Grad an Autonomie aus. Dieser Autonomiegrad bezieht sich im Wesentlichen auf Vorgaben, welche die Programminhalte und den Programmablauf betreffen. Die Vorgaben können auf unterschiedlichen Konkretisierungsebenen und unterschiedlich umfassend erfolgen. Das Ingenieurbüro wäre z.B. einem „authority system“ untergeordnet, wenn es eine Niederlassung eines überregional agierenden Unternehmens ist, welches über eine Corporate Identity verfügt oder zentral Prozessabläufe vorgibt. Schulen sind bezüglich ihrer Lehrpläne nicht unabhängig, sondern erhalten Vorgaben der Schulbehörden. Zentrale behördliche Vorgaben zur Reduktion des Energieverbrauchs kommunaler Gebäude (z.B. Schulen) und die Umsetzung durch Schulungsprogramme für die „performers“ der Zonen 5 und 6 (Schuldirektor und Lehrerkollegium) wären im Kontext dieser Arbeit Beispiele dafür, wie „authority systems“ mit Vorgaben auf untere Hierarchieebenen durchwirken können.

In verschiedenen Weiterentwicklungen mit Bezug auf das BS-Konzept wurden weitere vertikale Beziehungen betrachtet, auch mit Geschehenssystemen, die in der barkerschen Systematik nicht auftauchen. So z.B. Haushalt, Familie, Nachbarschaft und Stadt, jedoch auch Firma, Organisation und Institution ([Kaminski 2008]).

5.3.1.2.4 *Prozesstheoretische Beschreibung*

Der bisher zusammengefasste Teil der Ökologischen Psychologie nach Barker und Wright bezieht sich auf die Beschreibung und Systematisierung von Behavior Settings. Dieser Teil trifft jedoch noch keine Aussagen darüber, in welche Strukturen sich der Transaktionsstrom einpasst. Nachfolgend soll daher derjenige Anteil der „theory of behavior settings“ beschrieben werden, der Bezug auf Handlungen bzw. *Handlungskategorien* der BS-Teilnehmer nimmt.

Dafür nimmt Barker auf den „eco-behavioral circuit“ Bezug ([Brunswik 1939]). Dieser beschreibt eine Prozesskette, bei der distale Reize über eine Wahrnehmungskette auf das Individuum einwirken, von diesem verarbeitet werden und in der Folge zu Handlungen führen, die wiederum auf die Umwelt – und damit auf deren Reizcharakter – einwirken.

Barker identifiziert unterschiedliche Regelkreise, die etwas differenzierter beschrieben werden:

- „*Program circuits*“: Dies beschreibt jene Verhaltenskategorie, die dem bereits oben erwähnten (Teil-)

Programm des Behavior Settings entspricht. Diese Kategorie ist der Kern des Behavior Settings, entspricht den „standing pattern of behavior“ und ist somit ein konstituierender Bestandteil des Behavior Settings.

- „Goal circuits“: Neben den „program circuits“ existieren zusätzlich Regelkreise, die dem Erreichen individueller Ziele dienen (wobei Programm und individuelle Ziele auch identisch sein können). Barker beschreibt z.B. das Ziel des Würstchenverkäufers, innerhalb des Behavior Settings Baseballspiel Umsatz zu erzielen oder das Ziel der Zuschauer, unterhalten zu werden. Zu den „goal circuits“ können jedoch auch Genuss-handlungen wie z.B. Kaffeetrinken, Rauchen, usw. gehören.

Zusätzlich existieren Regelkreise, die explizit dazu dienen, Beeinträchtigungen der Funktionsfähigkeit des Behavior Settings abzuschalten und damit ein homöostatisches Funktionsniveau und das Überdauern des Settings zu erzielen. Sie werden als „maintenance circuits“ bezeichnet und werden in zwei unterschiedliche Anteile differenziert:

- „Deviation-countering circuits“: Hiermit werden Regelkreise beschrieben, die einer Störung begegnen, indem diese korrigiert oder instandgesetzt werden (z.B. die Ermahnung eines Studenten während der Vorlesung zur Ruhe).
- „Vetoing circuits“: Hierbei wird nicht instandgesetzt, sondern ersetzt, also nicht korrigiert, sondern entfernt (z.B. Entfernen eines Schülers, der permanent stört).

Eine entscheidende Frage besteht nun darin, wie es zur Aktivierung der verschiedenen „maintenance circuits“ kommt. Barker formalisiert diesen Rahmenprozess auf der Basis des TOTE-Modells von [Miller et al. 1960] wie folgt: Ein „sensing mechanism“ (*S-MECH*) nimmt Informationen über das Behavior Setting wahr und leitet diese Informationen an einen „executive mechanism“ (*E-MECH*) weiter. Dieser vergleicht den Zustand der Eigenschaften des BS vor dem Hintergrund der aktuellen Funktionalität des BS und den persönlichen Zielstellungen mit gespeicherten, individuellen Mindeststandards. Auf dieser Basis wird über die passendste Folgeaktion entschieden: Erfüllt der Zustand die Ansprüche, so folgt der „operation mechanism“ (*O-MECH*), d.h. es wird entweder der „goal circuit“ oder der „program circuit“ eingeleitet (oder die Regelkreise entsprechen einander). Anderenfalls - d.h. es liegen Abweichungen von den Standards in Form von Störungen vor - wird darüber entschieden, ob im Rahmen eines „maintenance mechanism“ (*M-MECH*) deren Korrektur („deviation countering mechanism“, *D-MECH*) oder Beseitigung („vetoing mechanism“, *V-MECH*) erfolgen soll. In einem abschließenden Formalisierungsschritt unterscheidet Barker noch zwischen „maintenance circuits“, die über menschliche Handlungen oder über mechanische Systeme ablaufen und ob die Ergebnisse Inhabitanten oder das Milieu betreffen. Die individuelle Durchführung dieser „maintenance circuits“ setzt beim Individuum jedoch - neben dem Setzen individueller Mindeststandards - ein individuelles Interesse am Fortbestand des BS voraus.

Kaminski weist darauf hin, dass Behavior Settings „verschiedentlich - aus der Perspektive des Individualsystems - als der umfangreichste aktuelle, das Handeln mit-determinierende Kontext charakterisiert“ werden ([Kaminski 2008], S 66) und dass darauf basierend eine hinreichend realistische Artikulation des Transaktionsgeschehens gelingen müsste. Eine weitergehende prozesstheoretische Detaillierung erfolgte bei Barker jedoch nicht, sodass konkrete Vorhersagen von Individualhandlungen innerhalb des BS bei diesem hohen Abstraktionsniveau nicht möglich sind. Kaminski kritisiert u.a., dass bisher „eine realitätsnahe Modellierung des handlungsrelevanten „Umgebungsstroms“, aus dem heraus Orientierungsnötigungen entstehen und in den hinein Aktionen zielen und wirksam werden“, nicht möglich ist ([Kaminski 2008], S. 67). Dieser Mangel kann voraussichtlich - zumindest partiell - durch die Gebäudesimulation behoben werden.

5.3.2 Anwendung der Behavior Setting Theorie auf die thermodynamische Gebäudesimulation

Selbstverständlich haben weder Barker noch andere, später folgende Autoren die BS-Systematik entwickelt und dabei die Anwendung in der Gebäudesimulation im Blick gehabt. Beide Systematiken versuchen nichtsdestotrotz, Teile der Realität abzubilden und in einem gewissen Umfang prognostizierbar zu machen. Die Gebäudesimulation ist dabei in ihrem Zuschnitt sehr viel spezifischer und exklusiver, während die BS-Theorie - sofern ein so direkter Vergleich von zwei grundsätzlich verschiedenen Theorien zulässig ist - breiter und allgemeiner angelegt ist. Um die speziellen Fragestellungen der Gebäudesimulation vor dem Hintergrund der BS-Theorie bearbeiten zu können, ist es also erforderlich, die allgemeinen theoretischen Grundlagen der BS-Theorie auf die Gebäudesimulation anzuwenden und weiterzuentwickeln bzw. zu ergänzen.

Ein Aspekt spielt dabei eine besonders wichtige Rolle: Als charakterisierend für die „überindividuellen Nutzungssysteme“ wurde in den Abschnitten 4.3.12.1, 4.3.12.2 und 4.3.12.3 insbesondere der normierende Einfluss auf die drei Kategorialbereiche *Umgebungsbedingungen*, *Gebäude* und *Individuum* herausgestellt. Von besonderem Interesse sind also all jene Merkmale überindividueller Nutzungssysteme, welche für die Merkmalsausprägungen der drei übrigen Kategorialbereiche mehr oder weniger fixierte (bzw. offene) und enge (bzw. weite) Vorgaben machen. Bei dieser Perspektive stehen wiederum die möglichen *Freiheitsgrade* des individuellen Handelns im besonderen Fokus. Es sind überwiegend die Individualinteressen (z.B. die individuellen Bedürfnisse), die das individuelle Aufsuchen und den Verbleib innerhalb des BS bestimmen, sodass dieses als *Gelegenheitsstruktur* für das Individuum bezeichnet werden kann. Das Individuum *bekannt* sich sozusagen mit dem Aufsuchen des BS zu dessen Zielen und Regeln. Die BS-eigenen Programme dienen dem Individuum jedoch lediglich als *basale Handlungsstruktur*, welche mehr oder weniger viele Freiräume für das Individualhandeln zulässt ([Kaminski 2008]). Diese Freiräume entstehen in unterschiedlichem Maß innerhalb der „goal circuits“, der „maintenance circuits“ und der „program circuits“. Die Betrachtung der Balance zwischen normierender Wirkung einerseits und verbleibenden Freiheitsgraden andererseits erscheint für die Entwicklung eines Handlungsmodells im Rahmen der Gebäudesimulation von entscheidender Bedeutung.

Die vollständige Weiterentwicklung der BS-Theorie bis zur Anwendbarkeit in der Gebäudesimulation ist im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgesehen. Jedoch sollen an dieser Stelle einige mögliche Anknüpfungspunkte beispielhaft aufgezeigt und erläutert werden. Diese Darstellung erhebt jedoch - wie gesagt - keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll viel mehr einen richtungsweisenden Charakter haben. Dort wo es zur Illustration und zur Erinnerung sinnvoll erscheint, wird außerdem auf die Zusammenhänge des Abschnitts 4 verwiesen. Auch diese Verweise sind jedoch nur beispielhaft, da es nicht als sinnvoll erachtet wird, die feinkörnige Realitätsanalyse durch einen zu engmaschigen Bezug zu den Eigenschaften der BS-Theorie praktisch zu wiederholen.

5.3.2.1 Simulationsspezifische Einordnung der *Eigenschaften* von Behavior Settings

Im Abschnitt 5.3.1.2.1 auf Seite 201 wurden die wesentlichen, charakterisierenden Eigenschaften von Behavior Settings aufgeführt. In den nun folgenden Unterabschnitten soll verdeutlicht werden, wie einige dieser Eigenschaften auf die Gebäudesimulation angewendet werden können. Insbesondere soll dadurch die Tatsache herausgearbeitet werden, dass viele Aspekte der Gebäudesimulation mit der Systematik der BS-Theorie erfasst, beschrieben und somit psychologisch theoretisiert werden können. Darüber hinaus sollen Vorschläge dafür gemacht werden, wie und in welcher Form BS-Eigenschaften im Sinne der Gebäudesimulation weiterentwickelt, präzisiert oder ausgeweitet werden könnten. Dabei handelt es sich jedoch nicht um eine vollständig ausgereifte Systematik, sondern lediglich um Vorschläge für potenzielle Stoßrichtungen zukünftiger Entwicklungen.

5.3.2.1.1 Die Rolle von *Verhaltens-Milieu-Synomorphen* in der Gebäudesimulation

5.3.2.1.1.A Beschreibung des simulierten Geschehens durch *Verhaltens-Milieu-Synomorphe*

Aus Sicht der Ökologischen Psychologie verlässt ein Inhabitant ein BS und befindet sich unmittelbar und übergangslos in einem neuen BS ([Kaminski 2008]). Im Verlauf eines Tages entsteht somit eine Sequenz von

BS-Teilnahmen unterschiedlicher Partizipationsdauer. Innerhalb dieser BS laufen die jeweils BS-typischen Verhaltens-Regelkreise ab („circuits“). Diese Abläufe setzen sich wiederum sequenziell aus BS-typischen Verhaltensobjekten (VO) mit jeweils BS-typischer Existenzdauer zusammen. Verhaltensobjekte sind gemäß Barker als „furniture“ eines Behavior Settings zu verstehen, sie befinden sich innerhalb der Behavior Settings, ähnlich wie Bühnenrequisiten zur Ausstattung einer Theaterszene gehören ([Barker & Wright 1954]). Innerhalb eines BS wechselt der Teilnehmer also übergangslos von einem BS-typischen Verhaltensobjekt zum nächsten. Die Verhaltensobjekte entstehen dabei aus Verhaltensepisoden (VE), die sich sequenziell und überlappend zusammensetzen und somit ein Verhaltensobjekt konstituieren. Verhaltensepisoden, Verhaltensobjekte und Behavior Settings stellen also aufeinander aufbauende, ineinander verschachtelte Verhaltens-Milieu-Synomorphe mit zunehmender Komplexität und ansteigendem Funktionsniveau dar.

Die Grundstruktur des Individualhandelns setzt sich somit lückenlos aus Partizipationen an diesen Synomorphen zusammen. Daher besteht keine grundlegende Einschränkung dafür, das simulationsrelevante Handeln eines Gebäudenutzers ebenfalls mithilfe dieser Systematik zu taxonomisieren. Tatsächlich lassen sich die Kern- und die Vor- bzw. Nachbereitungsaktivitäten (siehe Abschnitt 4.3.10 auf Seite 154) eines Gebäudenutzers entsprechend leicht beispielhaft zuordnen: Im Rahmen eines Büroarbeitstages wechselt ein Individuum womöglich von dem Behavior Setting „Besprechungs-Geschehen“ (welches im Besprechungsraum stattfindet und eine funktionale Aktivität beinhaltet) über das BS „Flur-Geschehen“ (Bewegungsaktivität) zum BS „Küchen-Geschehen“, um sich einen Kaffee zu holen (Individualinteresse). Danach wechselt er - wieder über das BS „Flur-Geschehen“ - zum (solitären) BS „Einzelbüroraum-Geschehen“ (um andere funktionale Aktivitäten durchzuführen) und zwischendurch immer mal wieder zum BS „Kopier-Geschehen“ an der Kopierstation des Büros. Das BS „Einzelbüroraum-Geschehen“ setzt sich dabei aus verschiedenen Verhaltensobjekten (VO) zusammen: Auf der Tastatur des Computers schreiben, einen Brief lesen, das Fenster zum Lüften öffnen, das Telefon verwenden. Aus dieser Reihe beispielhafter Verhaltensobjekte zählt „das Fenster öffnen“ zur Art der Störungskorrekturaktivitäten und ist daher von besonderem Interesse. Es lässt sich in folgende, beispielhafte Verhaltensepisoden aufteilen: vom Stuhl erheben, zum Fenster gehen, das Fenster öffnen, zum Schreibtisch zurückgehen, auf dem Stuhl niederlassen.

5.3.2.1.1.B Charakterisierende, simulationsrelevante Eigenschaften von Verhaltens-Milieu-Synomorphen

Die Anzahl und Typen von „sub- und cytosettings“ innerhalb eines BS und deren Ausstattung mit Verhaltensobjekten zählt zu den charakterisierenden Eigenschaften eines Behavior Settings. Dazu zählen Merkmale der Verhaltensobjekte wie z.B. ihre Dauer, Häufigkeit und ihre Intensität. Daraus folgt, dass sich auch die daraus abgeleiteten Größen innerhalb von Grenzen bewegen, die charakterisierend für das BS sind und die gleichzeitig für die Gebäudesimulation relevant sind. Hierzu zählen vor allem die Form und Menge des *Energieeinsatz*, der für ein VO erforderlich ist (z.B. die Menge Strom, die zum Betrieb eines Computers notwendig ist), und die energetischen und materiellen *Emissionen*, die durch ein VO entstehen. Aus der Kenntnis des (geplanten) Behavior Settings lassen sich also Informationen über die typischen Verhaltensobjekte und somit über die typischen Energieverbräuche und Emissionen ableiten. In welchem Umfang und auf welchen Wirkungswegen der Umsatz von Energie und die Emission von Materie und Energie das Individualhandeln beeinflussen, wurde umfassend durch die Analyse der Realitätserzählung dargestellt. Dieser Aspekt ist von offensichtlicher Bedeutung für die Gebäudesimulation.

Auch das Tragen des Individuums von Kleidung kann aus BS-Sicht als Verhaltensobjekt aufgefasst werden. Dabei ist auch die Ausprägung dieses Verhaltensobjektes typisch für Behavior Settings. Auf diesen Umstand wurde im Rahmen der Analyse der Realitätserzählung ebenfalls hingewiesen (Abschnitt 4.3.12.1.3 auf Seite 182). Der Zusammenhang zwischen BS und der Bekleidung als VO - also die normierende Wirkung des BS auf die Eigenschaften der Bekleidung - kann unterschiedlich strikt ausfallen. Manche BS erzwingen geradezu das Tragen bestimmter Kleidung (z.B. Schutzkleidung), andere BS sehen eine Kleiderordnung vor (z.B. ein Theaterbesuch), andere BS wiederum stellen nahezu gar keine Regeln auf (z.B. in der eigenen Wohnung). Dies sind Beispiele für die unterschiedlichen Freiheitsgrade individuellen Handelns, die ein BS zulassen kann.

5.3.2.1.1.C Klassifizierung speziell von Verhaltensobjekten

Die Ausstattungselemente des Gebäudes (siehe Abschnitt 4.3.4.5 auf Seite 86) sind das milieuseitige Pendant der entsprechenden Verhaltensobjekte innerhalb eines BS. Die Ausstattungselemente eines Gebäudes wurden sehr detailliert betrachtet, da der Umgang mit ihnen erheblichen Einfluss auf die Umgebungsbedingungen des Innenraums ausübt. Ein erheblicher Einfluss - insbesondere bei der Wahrnehmung der Umgebungsbedingungen - kann jedoch auch der Bekleidung des Individuums beigemessen werden (siehe z.B. Abschnitt 4.3.7.1 auf Seite 123 und Abschnitt 4.3.7.2 auf Seite 124). Unter dem Begriff der Bekleidung wurde die übliche Kleidung des Individuums (Mantel, Hose, Schuhe), jedoch auch „Accessoires“ wie Schlafbrillen, Gehörschutz, Bettdecken usw. zusammengefasst. Der Umgang mit der Bekleidung lässt sich, äquivalent zum Umgang mit den Ausstattungselementen des Gebäudes, als Verhaltensobjekt beschreiben.

Durch die Aufweitung der Betrachtung von den rein gegenständlichen Merkmalen hin zum transaktionalen Umgang mit diesen Gegenständen, lassen sich die Ausstattungselemente und die Bekleidung nun innerhalb eines Gesamtrahmens erfassen: Der Umgang mit diesen Gegenständen kann der Regulation der Umgebungsbedingungen bzw. der Regulation der Auswirkung und Wahrnehmung von Umgebungsbedingungen dienen. Dafür können unterschiedliche Verhaltensobjekte unterschiedliche Relevanz aufweisen und darüber hinaus grundsätzlich auch funktionalen Charakter aufweisen. Aus BS-Sicht lassen sich Verhaltensobjekte also den - bereits für die Klassifizierung der Ausstattungselemente eingeführten - Dimensionen *Funktionalität*, *Regulation* und *Relevanz* zuordnen. Dabei gilt entsprechend, dass sich *funktional* auf die Unterstützung der Funktionalität des BS zwischen den Polen „essenziell“ und „supplementär“ bezieht, dass sich *regulativ* auf die Regulationsabsicht der Umgebungsbedingungen im Innenraum zwischen den Polen „intendiert“ und „akzidentell“ und *relevant* auf die Mittelbarkeit der Auswirkung zwischen den Polen „unmittelbar“ und „mittelbar“ bezieht. Das Verhaltensobjekt „Verwendung eines Computers“ ließe sich also in einem BS „Büro-Geschehen“ als essenziell-funktional, akzidentell-regulativ und unmittelbar-relevant einordnen.

Bei all diesen Verhaltensobjekten handelt es sich um *Ressourcen* für das BS im Sinne von [Wicker 1987]. Diese Betrachtungsweise Wickers wird im Abschnitt 5.3.2.1.2 beschrieben.

5.3.2.1.1.D BS-spezifisches Auftreten von energierelevanten Verhaltensobjekten

Verhaltensobjekte sind typisch für ein Behavior Setting, da sie im Rahmen der „program circuits“ und der „maintenance circuits“ des BS mit einer typischen Häufigkeit und Dauer auftreten (z.B. den Computer nutzen, das Licht anschalten). Diese Circuits können von Seiten des BS jedoch zusätzlich mit energierelevanten Verhaltensregeln durchsetzt sein, die somit normativen Charakter für das Individualhandeln annehmen. Es kann also z.B. in einem BS zu den Regeln zählen, den Computermonitor während der Mittagspause oder das Licht nach Verlassen des Raumes abzuschalten. Damit muss nicht unbedingt die unmittelbare Absicht verknüpft sein, den Energieverbrauch zu senken, sondern es kann auch das Ziel verfolgt werden, z.B. die Betriebskosten zu senken.

5.3.2.1.2 Betrachtung des simulierten Gebäudes als Teil des Milieus

Als Milieu werden die dinglichen Eigenschaften des Behavior Setting bezeichnet. Das Milieu ist somit ein zentraler Gegenstand der Modellierung in der thermodynamischen Gebäudesimulation. Da in der BS-Theorie zwischen dem Habitat und dem *psychologischen* Habitat - also der subjektiven Wahrnehmung des Milieus - unterschieden wird, fallen unter das Milieu alle *objektiven* Eigenschaften, die in die Gebäudesimulation Eingang finden. Dazu zählen z.B. die Baukonstruktion und der Standort des Gebäudes, der Wetterdatensatz, die zeitlichen Grenzen der Simulation, die Emissionen der Gebäudenutzer u.v.m. Die objektiven Eigenschaften aller drei Kategorialbereiche - Umgebungsbedingungen, Gebäude und Individuum - sind also relevant und zählen zum Milieu. Allerdings handelt es sich dabei - wie gesagt - nicht um die in den Abschnitten 4.3.3, 4.3.4 und 4.3.5 beschriebenen *subjektiv wahrgenommenen* Eigenschaften der Kategorialbereiche, sondern um deren objektive Eigenschaften.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem barkerschen, BS-theoretischen Begriff des Milieus und den

objektiven Eingabeparametern in der Gebäudesimulation besteht jedoch darin, dass das Milieu bei Barker lediglich im Kontext des aktuellen Geschehenssystems Bedeutung erhält. Außerhalb des Geschehenssystems ist das Milieu bei Barker zwar auch existent, es hat dann jedoch für das Geschehenssystem keine (aktuelle oder zukünftige) Relevanz. Dies lässt sich offenbar nicht in Übereinstimmung damit bringen, dass verschiedene Gebäudeeigenschaften - wie z.B. die Stellung des Fensters in Kombination mit der Speicherfähigkeit des Innenraums - auch außerhalb des aktuellen Geschehens für die Gebäudesimulation Relevanz besitzen. Eine terminierende, pro-aktive Störungskorrekturaktivität eines Individuums beim Verlassen des Behavior Settings „Büro-Geschehen“ (Abschnitt 4.3.10.4.3.B auf Seite 163), z.B. in Form einer Nachtlüftung durch Öffnen des Fensters, und die daraus entstehenden Konsequenzen für das gesamte Geschehenssystem, lassen sich nicht BS-gerecht theoretisch beschreiben.

Das Milieu und seine Anteile haben erst bei [Wicker 1987] auch außerhalb des Bezugs zu einem aktuellen Geschehenssystem eine theoretische Beachtung gefunden. Wicker nahm im Gegensatz zur tradierten Sicht eine zeitüberdauernde Perspektive ein und betrachtete Behavior Settings damit nicht nur als gegeben, sondern als ein System, das gebildet wird, wächst, sich ausdifferenziert, niedergeht und schließlich endet. Er stattete Behavior Settings somit mit einer Theorie der zeitlichen Dynamik aus, die möglicherweise Ansätze für die BS-theoretische Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Gebäudesimulation liefert. Der Betrachtungszeitraum eines BS wird bei Wicker in vier Phasen aufgeteilt: „preconvergence“, „convergence“, „continued existence“ und „divergence“. Der Betrachtungsschwerpunkt liegt bei ihm jedoch auf der langfristigen Entwicklung, wie z.B. der Planung, Eröffnung und des Betriebs eines Cafés. Diese Perspektive ist aus Sicht der Gebäudesimulation von untergeordneter Bedeutung, da der Regel-Betrachtungsfall in der Gebäudesimulation der etablierte „Normal“-Betrieb ist.

Eine zusätzliche Neuerung bei [Wicker 1987] bestand daraus, verschiedene „facets“ des BS einer solchen zeitlichen Analyse zu unterziehen. Dabei betrachtete er u.a. die *Ressourcen* eines BS, worunter er verschiedene Merkmale des BS subsumierte (z.B. Personen, Verhaltensobjekte, Räume). All diese BS-Bestandteile - also insbesondere auch das Gebäude und seine Bestandteile - erhalten somit innerhalb seines Theoriegebäudes eine Existenz auch außerhalb des Geschehenssystems. Sie existieren vor der Etablierung des BS, während seiner „Betriebspausen“ und ebenso nach der endgültigen Auflösung des BS ([Kaminski 2008]). Gleichzeitig schreibt er einer zusätzlichen Facette, dem „context“, einen maßgeblichen Einfluss auf die zeitliche Entwicklung eines BS zu. Zu diesem Kontext zählt u.a. die Settinggeschichte, also die vergangenen Zustände eines BS. Auch hier hat Wicker offenbar primär die langfristige Entwicklungsgeschichte des BS im Blick, dennoch lassen sich möglicherweise auch hier theoretische Anknüpfungspunkte mit Blick auf die kurzfristige Geschichte von BS finden (im Sinne von z.B. nächtlichen oder wochenendlichen „Betriebspausen“ eines „Einzelbüro-Geschehens“). [Kaminski 2008] weist darauf hin, dass die Milieuanteile durch die Betrachtung als geschehensüberdauernde Ressource ein stärkeres Eigenleben gewinnen und sich das BS-Konzept auf diese Art und Weise dem Place-Konzept annähert (siehe [Stokols & Shumaker 1981]).

Die Analyse der Realitätserzählung ergab bereits einige Hinweise auf den Zusammenhang zwischen überindividuellen Nutzungssystemen und dem Milieu. In Übereinstimmung mit der BS-Theorie - die das Gebäude und seine Eigenschaften ja dem Milieu zuordnet und damit als wesentliche Eigenschaft eines BS beschreibt - zeigte sich vor allem die normierende Wirkung, die überindividuelle Nutzungssysteme auf das Gebäude bzw. auf die Wahrnehmung des Gebäudes durch das Individuum ausüben. Diese normierende Wirkung wurde z.B. für die funktionalen Eigenschaften des Gebäudes (z.B. funktionstypische Gebäude- und Raumtopologien und Ausstattungen) dargestellt. Diese Perspektive kann BS-theoretisch allerdings nur unter Berücksichtigung der theoretischen Erweiterung durch [Wicker 1987] eingenommen werden, da ein aktuell existierendes Geschehenssystem natürlich keinen Einfluss auf die physischen Eigenschaften des Gebäudes nehmen kann (es sei denn, es handelt sich um ein Geschehenssystem, das sich genau zu diesem Zweck etabliert, also z.B. ein „Baustellen-Geschehen“). Erst wenn die Planungs- und Entstehungsphase eines (zukünftigen) Behavior Settings betrachtet wird - so wie von Wicker vorgesehen - lässt sich der normierende Einfluss des (geplanten) Behavior Settings auf die Eigenschaften des Gebäudes theoretisch analysieren. In solchen Planungs- und Entstehungsphasen kann die thermodynamische Gebäudesimulation wiederum eine mitentscheidende Rolle einnehmen.

5.3.2.1.3 Betrachtung der simulierten Umgebungsbedingungen als Teil des Milieus

Durch die typischen Verhaltensobjekte und ihre Eigenschaften und durch die verschiedenen BS-typischen Merkmale des Gebäudes werden die Umgebungsbedingungen in einer wiederum typischen Weise beeinflusst. Die BS-typischen Aktivitäten, die im Zuge der „program circuits“ ablaufen, erfordern außerdem typische, d.h. die Aktivität fördernde und diese nicht behindernde, Umgebungsbedingungen im Innenraum (Abschnitt 4.3.12.3 auf Seite 185). Mit Kenntnis des BS und seiner Programme lassen sich also die Anforderungen formulieren, die an die Umgebungsbedingungen typischerweise gestellt werden. So „fordert“ das BS „Sauna-Geschehen“ Mindesttemperaturen, das BS „Büro-Geschehen“ Mindestleuchtstärken oder das BS „Bibliothek-Geschehen“ Höchstlautstärken. Auch hier ergeben sich jedoch Möglichkeiten für das Individuum, innerhalb bestimmter Freiräume zu agieren, z.B. indem die Beleuchtungsstärke an die persönlichen Bedürfnisse angepasst wird. Wie groß diese Freiräume für den Nutzer sind, also wie strikt die Normierung durch das überindividuelle Nutzungssystem wirkt, kann wiederum ein Charakteristikum des BS sein: Abweichungen von einer Norm-Beleuchtungsstärke sind in einem BS „Büro-Geschehen“ z.B. tolerierbarer als in einem BS „Operationssaal-Geschehen“.

5.3.2.1.4 Zeitliche Lokalisierung des simulierten Geschehens

Für die Gebäudesimulation ist es wichtig zu wissen, zu welchen Zeitpunkten das BS in Betrieb ist und wann es mangels Teilnehmern ruht. Betrachtet man den Teilnehmer, so besteht die entscheidende Information darin, wie lange er typischerweise in dem betrachteten BS verweilt und mit welcher Wahrscheinlichkeit er in ein anderes BS überwechselt. Dies kann der Wechsel in ein unabhängiges BS sein oder innerhalb eines BS zwischen „subsettings“, also z.B. der Wechsel zwischen den „ubsettings“ „Arbeitsraum-Geschehen“, „Besprechungsraum-Geschehen“ und „Kopier-Geschehen“ oder der Wechsel zwischen dem „Büro-Geschehen“ und dem „Wohnungs-Geschehen“ nach Arbeitsschluss.

Zeitpunkt, Dauer und Regelmäßigkeit eines BS zählen zu dessen wesentlichen Eigenschaften. Diese zeitliche Gebundenheit der Kernaktivitäten wurde bereits in Abschnitt 4.3.12.1.1 auf Seite 179 im Rahmen der Analyse der Realitätserzählung dargestellt. Auch hier lässt sich also auf der Basis der BS-Theorie eine normierende Wirkung feststellen. Diese Normierung ist allerdings auch hier wiederum BS-typisch strikt: Beispielsweise sind die BS-Teilnahmesequenzen in einer Schule weitestgehend durch den Stundenplan geregelt (definierter Wechsel zwischen „Unterrichts- und Pausen-Geschehen“). Arbeitszeiten in der produzierenden Industrie sind ebenfalls durch klar definierte Arbeits- und Pausenzeiten festgelegt. Gilt hingegen Gleitzeit am Arbeitsplatz, so sind die BS-Vorgaben weniger strikt, was wiederum Freiraum für individuelle Handlungen eröffnet.

5.3.2.1.5 Populationsselektion durch Teilnahmedruck

Die Eigenschaften der BS-Teilnehmer, ihre Anzahl und ihre jeweiligen Rollen zählen ebenfalls zu den Eigenschaften eines Behavior Settings. Ihre Eigenschaften sind also typisch für ein BS, sodass aus der Kenntnis eines BS Informationen über die Individuen und ihre Eigenschaften abgeleitet werden können, die - entsprechend den Analysen der Realitätserzählung mit Bezug auf das Individuum - für die Handlungen des Individuums relevant sind.

So können Behavior Settings mehr oder weniger *altersspezifisch* sein: Die Populationen von Schulklassen, Kindergärten, Altersheimen oder Jugendherbergen umfassen z.B. eine typische, relativ fest umrissene Altersgruppe. Hier ist also z.B. mit altersgerechten Kompetenzen und Anforderungsniveaus zu rechnen. In Bürossettings sind bestimmte Altersgruppen regulär nicht aufzufinden (z.B. Kinder oder Senioren), die typische Altersgruppe umfasst jedoch eine große Bandbreite. In Wohnungssettings hingegen ist mit einer geringeren BS-typischen Differenzierung der Population zu rechnen. Möglicherweise handelt es sich jedoch um Wohnungen mit z.B. alters- oder familiengerechten - also funktionalen - Milieuausprägungen, sodass auch hier Differenzierungen möglich sind.

Denkbar ist auch, dass Behavior Settings *kompetenzspezifisch* sind: In Bettenstationen von Krankenhäusern ist i.d.R. mit einer altersunabhängigen, eingeschränkten physischen Leistungsfähigkeit zu rechnen. In anderen

BS ist die Teilnahmevoraussetzung ein definiertes Maß an körperlicher Eingeschränktheit, so z.B. im Fall von Behindertenwerkstätten.

Nach diesem Prinzip lassen sich sicherlich noch weitere individuelle Merkmale auffinden, die spezifisch für ausgewählte BS sind. All diese Beispiele lassen sich im Wesentlichen auf den *Teilnahmedruck* des BS zurückführen, durch den eine normierend wirkende Selektion einer Teilnehmer-Population mit spezifischen Eigenschaften erfolgt. All dies beeinflusst das Individualhandeln auf BS-typische Weise durch die Zusammenhänge, die in der Analyse der Realitätserzählung dargestellt wurden.

5.3.2.1.6 Hierarchische Organisation der Teilnehmer

Eine typische hierarchische Organisation der BS-Teilnehmer hat vermutlich eine entsprechend typische Auswirkung auf das Interaktionshandeln der teilnehmenden Individuen mit den Ausstattungselementen des Gebäudes (Abschnitt 4.3.12.1.2 auf Seite 182). In einem solitären BS sind die Freiheiten des Individuums, nach eigenem Ermessen zu handeln, vergleichsweise groß. So hat der Mitarbeiter in einem Einpersonbüro die Autorität, das Fenster nach Bedarf zu öffnen und zu schließen. Ein Schüler in einer Klasse verfügt hingegen aufgrund seiner Unterordnung unter die Lehrkraft nicht über das gleiche Maß an Autorität. Daraus kann folgen, dass er bevorzugt zu Störungskorrekturaktivitäten mit geringerem Wirkungsradius greift (z.B. den Pullover ausziehen anstelle das Fenster zu öffnen, wenn ihm zu warm ist, siehe Abschnitt 4.3.10.4.4 auf Seite 163).

5.3.2.2 Simulationsspezifische Einordnung der *Regelkreise* von Behavior Settings

Durch die prozesstheoretische Beschreibung der Handlungsstrukturen wurde in der BS-Theorie eine Verknüpfung zwischen dem Geschehenssystem GS und dem Individualsystem IS erstellt. Barkers „circuits“ bzw. Regelkreise sind aufgrund ihrer rudimentären Struktur jedoch nicht als ausgereifte Handlungsmodelle zu verstehen, die das individuelle Handeln innerhalb des BS theoretisch beschreiben könnten. Sie dienen - wie zuvor erwähnt - viel mehr als *basale Handlungsstruktur* und werden hier entsprechend als rahmenartige Vorgabe des BS für das Handeln des BS-Teilnehmers verstanden.

Die theoretische Einbettung des Individualhandelns in ein Geschehenssystem ist erforderlich, um den Einfluss überindividueller Nutzungssysteme auf das Individualhandeln realitätsgerecht abbilden zu können. Auch dieser Schritt soll jedoch nicht Bestandteil dieser Arbeit sein. Dennoch ist eine Verknüpfung zwischen den hier dargestellten Anteilen der BS-Theorie, den Ergebnissen der Analyse der Realitätserzählung und einigen Eigenschaften der Gebäudesimulation erforderlich, um den Gewinn zu skizzieren, der durch die Adaptation der BS-Theorie für die Gebäudesimulation entstehen kann.

5.3.2.2.1 Zuordnung der Aktivitätstypen zu den BS-Regelkreisen

Aufgrund der Absicht dieser Arbeit, insbesondere diejenigen Aktivitäten zu betrachten, die einen Einfluss auf den Energiehaushalt eines Gebäudes aufweisen, umfasst die Aktivitätstaxonomie absichtlich nicht das Gesamtfeld aller denkbaren Aktivitäten von Nutzern in Gebäuden. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zur BS-typischen Betrachtung von Geschehen, die eine solche Schwerpunktsetzung nicht vorsieht. Dadurch wird die Möglichkeit, die hier entwickelten Aktivitätstypen den BS-Regelkreisen zuzuordnen, allerdings nicht grundlegend eingeschränkt. Die jeweiligen Aktivitätstypen stellen dabei jedoch lediglich eine (spezifisch auf den Energiehaushalt und die Umgebungsbedingungen ausgerichtete) Untermenge der gesamten Aktivitäten dar, die den einzelnen BS-Regelkreisen prinzipiell zuordenbar wären.

Die hier durchgeführte Taxonomisierung von Aktivitäten sieht eine Unterscheidung zwischen den *Kernaktivitäten* (Abschnitt 4.3.10.2.1 auf Seite 154) und den *Aktivitäten zur Vor- und Nachbereitung* der Kernaktivitäten (Abschnitt 4.3.10.2.2 auf Seite 156) vor. Letztere finden in der barkerschen BS-Regelkreis-Struktur keine Entsprechung. Die Kernaktivitäten des Individuums wurden jedoch in drei Typen unterteilt, die den Haupt-Regelkreisen bei Barker zuordenbar sind: *Funktionale Aktivitäten* lassen sich den „program circuits“,

Aktivitäten zur Störungskorrektur den „maintenance circuits“ und *Aktivitäten zur Verfolgung von Individualinteressen* den „goal circuits“ zuordnen. Der hohe Grad an Organisation, der für die funktionalen Aktivitäten bei ihrem Auftreten in überindividuellen Nutzungssystemen festgestellt wurde, führte bereits im Rahmen der Realitätstaxonomisierung - in Übereinstimmung mit der BS-Theorie - zum Begriff des „Programms“.

Während die „maintenance circuits“ in der BS-Systematik zwischen dem Beseitigen einer Störung durch „Reparatur“ („deviation-countering“, z.B. die Ermahnung zur Ruhe oder das Reparieren eines Regalbretts) und dem Beseitigen durch Entfernen („vetoing“, z.B. Rauswurf des störenden Schülers oder Entsorgung des Regals) unterscheiden, tritt diese Differenzierung in der Taxonomie der *Störungskorrekturaktivitäten* nicht auf. Das Fehlen dieser Differenzierung lässt sich darauf zurückführen, dass der Akt der „Entfernung“ eines störenden Elements bei den hier betrachteten Störungsarten nicht auftreten kann: Umgebungsbedingungen, deren Regulation hier im Zentrum der Betrachtung stehen, lassen sich nicht entfernen, sondern eben nur verändern. Ein „Entfernen“ im Sinne der BS-Theorie wäre der Austausch eines defekten Sonnenschutzes oder der Austausch einer defekten Klimaanlage. Dieser Akt des physischen Austauschs wird im Rahmen der Gebäudesimulation jedoch nicht betrachtet und tritt daher auch nicht in der Taxonomie der *Störungskorrekturaktivitäten* auf.

Stattdessen wird in der Taxonomie der *Störungskorrekturaktivitäten* hinsichtlich verschiedener Ziele von Aktivitäten differenziert, die wiederum keine Entsprechung in der BS-Taxonomie haben: *Funktionserhaltungsziele*, die dazu dienen, den Ablauf der funktionalen Aktivitäten (also der „program circuits“ in der BS-Systematik) zu unterstützen, *Behaglichkeitsziele* und *Integritätsziele*. Letztere fassen eine Reihe heterogener Ziele zusammen, denen jedoch gemeinsam ist, dass sie das Auftreten schwerwiegenderer Schäden und Einschränkungen vermeiden wollen (z.B. Beschädigung oder Zerstörung eines Ausstattungselements). Auch die weitere Differenzierung von *Störungskorrekturaktivitäten* hinsichtlich *Ereignisabhängigkeit*, *Regulationsrichtung*, *Ortswechsel-Gebundenheit*, *Wirkungsradius* und *zeitlicher Relation* geht über die BS-eigene Differenzierung der „maintenance circuits“ weit hinaus. Diese feinteilige Differenzierung hatte sich als notwendig und vorteilhaft für die Betrachtung von eben denjenigen *Störungskorrekturaktivitäten* erwiesen, die eine Auswirkung auf den Energiehaushalt des Gebäudes und die Umgebungsbedingungen im Innenraum aufweisen.

5.3.2.2.2 Abgrenzung der BS-Regelkreise bzw. der Aktivitätstypen voneinander

Die bisher verwendete Dreiteilung der Aktivitäten in funktionale Aktivitäten (den „program circuits“ zuzuordnen), Individualzielaktivitäten (den „goal circuits“ zuzuordnen) und *Störungskorrekturaktivitäten* (den „maintenance circuits“ zuzuordnen) erscheint zunächst unzweideutig. Bei genauerem Hinsehen wird jedoch deutlich, dass eine klare Abgrenzung zwischen diesen Aktivitäten zusätzlicher Definitionen bedarf. Diese Definitionen lassen sich allerdings nicht aus der klassischen BS-Theorie ableiten, sodass sie hier mit Bezug auf das behandelte Problemfeld erfolgen.

Weiter oben wurde bereits darauf hingewiesen, dass es überwiegend die Individualinteressen sind, die das individuelle Aufsuchen und den Verbleib innerhalb des BS bestimmen. Aus dieser Perspektive stellt das BS also eine *Gelegenheitsstruktur* zur Befriedigung der individuellen Bedürfnisse dar („routes to goals that are satisfying to the inhabitants“, [Barker 1968], S. 167). Die Interessen des Individuums und die „Interessen“ des BS überschneiden sich demnach, wobei das Maß der Überschneidung unterschiedlich groß ausfallen kann. Diese potenzielle Identität von „goal circuit“ und „program circuit“ wurde von Barker in vielen Beispielen dargestellt. Diese Beispiele beziehen sich allerdings i.d.R. auf Tätigkeiten auf einem relativ niedrigen und konkreten Funktionsniveau, z.B. „in einem Restaurant speisen“ oder „seine Mannschaft anfeuern“.

Die Differenzierung zwischen Individualzielaktivitäten und funktionalen Aktivitäten ist also zunächst nicht eindeutig: Mitarbeiter eines Büros gehen zwar BS-typischen, funktionalen Aktivitäten nach, verfolgen damit jedoch auch Individualziele (z.B. das Ziel, den Lebensunterhalt zu verdienen). Die Durchführung funktionaler Aktivitäten wäre aus dieser Perspektive demnach ein Mittel zum Zweck der Individualzielerfüllung. Diese Interpretation trifft selbst dann zu, wenn ein BS-Teilnehmer die Ziele des BS nur widerwillig mitträgt, z.B. im

Falle eines Schülers, der nur widerstrebend am Unterricht teilnimmt, um drohenden Sanktionen zu entgehen. Diese Aktivitäten, die der Befriedigung übergeordneter, individueller Interessen dienen, die jedoch gleichzeitig mit den Programmzielen des BS identisch sind, werden *im Rahmen dieser Arbeit* - egal ob sie bereitwillig oder widerwillig ausgeführt werden - nicht zu den Individualzielaktivitäten, sondern zu den funktionalen Aktivitäten gezählt. Im Gegensatz dazu sollen Aktivitäten, die mit individuellen Zielstellungen verfolgt werden, die jedoch *nicht unmittelbar identisch mit den Programmzielen* sind, zunächst zu den Individualzielaktivitäten gezählt werden.

Auf Basis dieser Definition lassen sich allerdings Individualzielaktivitäten noch nicht eindeutig von Störungskorrekturaktivitäten abgrenzen. Das Einlegen einer Kaffeepause dient z.B. der Befriedigung eines individuellen Bedürfnisses (ohne dabei ein unmittelbarer Teil der funktionalen Aktivitäten eines Büro-BS zu sein) und kann somit zu den Individualzielhandlungen gezählt werden. Gleichzeitig sorgt diese Aktivität jedoch auch vorausblickend für den Funktionserhalt des BS (Erholungspause) und könnte somit auch den Störungskorrekturaktivitäten mit Funktionserhaltungsziel zugeordnet werden. Darüber hinaus wurde z.B. das Öffnen des Fensters aus Behaglichkeitsgründen bisher den Störungskorrekturaktivitäten zugeordnet, dient jedoch offenbar dem individuellen Ziel des verbesserten Wohlbefindens, ohne dabei gleichzeitig unmittelbar zu den funktionalen Aktivitäten zu zählen. Um also auch die Abgrenzung zwischen Individualziel- und Störungskorrekturaktivität zu vereindeutigen, sollen zu den Individualzielaktivitäten insbesondere jene Aktivitäten gezählt werden, die *primär einer Individuumseigenen Dynamik folgen* und nicht unmittelbar vom äußeren Geschehensablauf abhängig sind. Im Gegensatz dazu fallen unter Störungskorrekturaktivitäten insbesondere jene Aktivitäten, die sich primär auf die Korrektur einer *von außen auf das Behavior Setting oder das Individuum - als Ressource des BS - aufgebrachten Störung* beziehen.

Sicherlich lassen sich auch trotz dieser Definitionen Grenzfälle denken, bei denen eine Zuordnung nicht eindeutig ist. Typische Aktivitäten lassen sich damit jedoch recht eindeutig voneinander abgrenzen. Aus dieser Definition ergibt sich beispielsweise, dass:

- *das Tragen einer Uniform für einen Polizisten ein Teil der funktionalen Aktivitäten und für einen Studenten das Tragen von Kleidung aufgrund des Kleidungsgeschmacks eine Individualzielaktivität ist,*
- *das Öffnen des Fensters in einem BS „Büro-Geschehen“ zum Zwecke der Lüftung des Raumes zu den Störungskorrekturaktivitäten (Behaglichkeitsbedürfnis wird durch Individuumsexterne Dynamik gestört) und zum Zwecke der kontemplativen Betrachtung der Umgebung zu den Individualzielaktivitäten zählt,*
- *sowohl das Schließen des Sonnenschutzes in einem BS „Büro-Geschehen“ aufgrund von Blendungen auf dem PC-Bildschirm als auch das Schließen des Sonnenschutzes aufgrund eines nicht erfüllten Privatheitsbedürfnisses zu den Störungskorrekturaktivitäten zählt (jedoch mit unterschiedlichen Zielkategorien), da diese Aktivitäten jeweils auf externe Störungen reagieren,*
- *das Aufsuchen der Sanitärräume zu den Individualzielaktivitäten zählt (insbesondere wegen der Individuumseigenen Dynamik und der Unabhängigkeit von äußeren Ereignissen), jedoch nur, sofern die Sanitärräume nicht zur Reinigung aufgesucht werden (funktionale Aktivität).*

5.3.2.2.3 Zuordnung der Verhaltensobjekte zu den BS-Regelkreisen und den Aktivitätstypen

Im Rahmen der Realitätsanalyse des Abschnitts 4 wurden die Ausstattungselemente des Gebäudes auf den Dimensionen Funktionalität, Regulation und Relevanz beschrieben. Funktionalität hatte dabei einen unmittelbaren Bezug zu den funktionalen Aktivitäten des Individuums (essenziell vs. supplementär), Regulation bezog sich auf die Regulation der Innenraum-Umgebungsbedingungen (intendiert vs. akzidentell) und Relevanz bezog sich auf die Relevanz des Ausstattungselements für die Änderung der Innenraum-Umgebungsbedingungen (mittelbar vs. unmittelbar). Mit Einführung der Verhaltensobjekte (in Abschnitt 5.3.2.1.1 auf Seite 206) wurde diese Differenzierung der Ausstattungselemente (als Milieuanteil der Verhaltensobjekte) auf die Verhaltensobjekte übertragen und in diesem Zuge auf den Umgang mit der Bekleidung erweitert. Nun ist es sinnvoll, diese

Differenzierung der Verhaltensobjekte ins Verhältnis zu den BS-typischen Regelkreisen und zu den identifizierten Aktivitätstypen zu setzen.

Essenziell-funktionale VO lassen sich den funktionalen Aktivitäten des Individuums und damit den „*program circuits*“ eines Behavior Settings zuordnen. In einem „Büro-Geschehen“ wäre das der Umgang mit Schreibtisch und Stuhl, Computer und Tastatur oder das Tragen von Schutzkleidung in einer Werkhalle. Die Verhaltensobjekte sind essenziell für das Behavior Setting, fehlen sie, so ist der BS-Ablauf empfindlich gestört oder sogar unmöglich.

Supplementär-funktionale VO lassen sich nicht ausschließlich - wie vielleicht zunächst vermutet werden könnte - den Störungskorrekturaktivitäten und damit den „*maintenance circuits*“ zuordnen. Unterstützend für den Fortbestand eines BS wirken eben nicht nur diejenigen Regelkreise, die Störungen begegnen, sondern auch jene, die dem Individuum die Befriedigung individueller Interessen ermöglichen. Neben dem Bedienen von Fenstern, Heizungen, Ventilatoren oder Sonnenschutzeinrichtungen zählen in einem „Büro-Geschehen“ also auch das Kochen und Zusichnehmen von Kaffee, Tee oder anderen Genussmitteln als Teil der „*goal circuits*“ bzw. der Individualzielaktivitäten zu diesen Verhaltensobjekten.

Intendiert-regulative VO sind zentrale Verhaltensobjekte innerhalb des hier betrachteten Problemfelds, bei dem die aktive Regulation der Umgebungsbedingungen bzw. ihrer Auswirkungen durch Individualhandlungen im Mittelpunkt steht. Sie lassen sich zweifach zuordnen: Auf der einen Seite den funktionalen Aktivitäten und „*program circuits*“, sofern ein wesentlicher Bestandteil des Behavior Settings darin besteht, die Umgebungsbedingungen des BS zu regulieren (Verwendung des Ofens in der Sauna, Bedienung des Kühlaggregats in einem Lebensmittellager). Sie sind dann gleichzeitig essenziell-funktionale VO. Auf der anderen Seite lassen sie sich den „*maintenance circuits*“ bzw. den *Störungskorrekturaktivitäten* zuordnen, sofern sie die Durchführung der BS-„*program circuits*“ absichern. Dazu zählt also z.B. das Bedienen des Sonnenschutzes, um Blendungen am Monitor zu beseitigen (Schutz der Ressource Sonnenschutz vor Störungen) oder um die Behaglichkeitssituation zu verbessern (Schutz der Ressource „Teilnehmer“ anstelle der Ressource „funktionales Ausstattungselement“ vor „Störungen“).

Akzidentell-regulative VO decken alle Verhaltensobjekte ab, die nicht *primär* der Regulation der Umgebungsbedingungen im Innenraum dienen, diese jedoch beeinflussen. Ein besonderes Kennzeichen dieser VO ist, dass sie sich allen „*circuits*“ bzw. Aktivitätstypen zuordnen lassen. Beispielsweise ist die Verwendung von Schreibtisch und Computer, Kopierer oder Waschmaschine in erster Linie den „*program circuits*“ zuzuordnen. Alle diese VO beeinflussen außerdem - mittelbar oder unmittelbar - die Umgebungsbedingungen im Innenraum. Zusätzlich lassen sich die akzidentell-regulativen VO den „*goal circuits*“ zuordnen, z.B. in Form der Verwendung von Kühlschrank und Kaffeemaschine in einem Büro-BS. In vielen Fällen können sie jedoch auch zu den „*maintenance circuits*“ zählen. In solchen Fällen sind es häufig unmittelbar-relevante VO, z.B. wenn ein Sonnenschutz hochgezogen wird, um einen Schaden durch Windeinfluss zu vermeiden, wenn das Fenster aufgrund von Sicherheitsbedenken geschlossen oder der Sonnenschutz aus Gründen der Privatheit herabgezogen wird. Unter den Störungskorrekturaktivitäten sind es also vor allem jene mit Integritätszielen, die zu den akzidentell-regulativen VO zählen. Wie schon zuvor beschrieben, wurden die Störungskorrekturaktivitäten und damit der „*maintenance-circuit*“ in dieser Arbeit bisher in einer im Vergleich zur BS-Theorie stark verengten Perspektive gesehen. In der BS-Theorie zählen auch Aktivitäten wie die Reparatur des Computers oder des Tisches, das Dazukaufen von Stühlen usw. dazu. Diese Art „*maintenance circuits*“ können akzidentell-regulative Einflüsse ausüben, z.B. indem die Wärmelast eines Raums verringert wird, wenn ein störender Schüler entfernt wird. Diese Dynamik spielt in der thermischen Gebäudesimulation jedoch keine Rolle und wird daher hier nicht weiter berücksichtigt.

Unmittelbar-relevante VO beziehen sich auf denjenigen Umgang mit Ausstattungselementen, der zu einer direkten Emission (Kaffeemaschine, Heizung, Radio) oder einer direkten Transmission (Kleidung, Fenster, Sonnenschutz) von energetischen oder materiellen Umgebungsbedingungen in den Innenraum führt. Diese Verhaltensobjekte können in allen Circuits auftreten, Beispiele dafür wurden in den vorhergehenden Abschnitten aufgeführt.

Mittelbar-relevante VO beziehen sich auf denjenigen Umgang mit Ausstattungselementen, der die Umgebungsbedingungen und deren Wahrnehmung im Innenraum indirekt beeinflusst. Da der „maintenance-circuit“ (im Sinne dieser Arbeit) ausschließlich VO umfasst, die direkten Einfluss auf die Umgebungsbedingungen ausüben, lassen sich mittelbar-relevante VO ausschließlich bei den „program circuits“ und den „goal circuits“ verorten.

Die hier durchgeführte Zuordnung weist auf einen besonders wichtigen Sachverhalt hin, der an dieser Stelle aufgrund seiner Bedeutung noch einmal zusammengefasst werden soll. Der mit diesem Schritt vorgenommene Perspektivenwechsel - weg von der Betrachtung der rein physischen Milieuteile und hin zu der psychologie-theoretisch fundierten Betrachtung des Umgangs mit diesen Elementen - und die Zuordnung dieser Verhaltensobjekte zu den entwickelten Dimensionen Funktionalität, Regulation und Relevanz erzwingt geradezu eine Vereindeutigung einer Handlung durch ihre Zuordnung zu einem Handlungskontext. Diese Zuordnung ergibt wiederum vor dem Hintergrund der BS-Regelkreise und der BS-Theorie besonderen Sinn, da hierdurch eine Verankerung sowohl der Dimensionsbetrachtung als auch der Kontextsetzung in einem übergeordneten Theoriegerüst erfolgt. Hier zeigt sich in besonderem Maße der Vorteil der Verwendung und der Erweiterung der BS-Theorie dadurch, dass sie einen wissenschaftlich fundierten, kontextuellen Einordnungsrahmen für die - in den stochastischen Modellen bisher isoliert betrachteten - Interaktionshandlungen ermöglicht.

5.3.2.2.4 Aktivierung von und Übergang zwischen den BS-Regelkreisen

In diesem Abschnitt wird dargestellt, inwiefern das auf dem TOTE-Modell von [Miller et al. 1960] basierende Zusammenspiel der einzelnen Regelkreise eine für die Gebäudesimulation ausreichende Formulierung der „basalen Handlungsstrukturen“ ist. In dieser Modellvorstellung nimmt ein „sensing mechanism“ den gegenwärtigen Zustand des Behavior Settings wahr, woraufhin durch einen „executive mechanism“ auf der Basis der Adäquatheit des Zustands über die Art des folgenden Regelkreises entschieden wird: Ist der Zustand - gemessen an den individuellen Ansprüchen - genügend, so wird der „operating mechanism“ beibehalten. Ist der Zustand ungenügend, wird ein angemessener „maintenance mechanism“ „aufgerufen“.

Diese Regelkreisanordnung ist offensichtlich sehr rudimentär und kann nur bedingt auf alle Behavior Settings verallgemeinert werden. Dies soll nachfolgend an einigen Beispielen verdeutlicht werden:

Die barkerschen Regelkreise unterscheiden z.B. nicht zwischen den re-aktiven Instandsetzungsaktivitäten und den pro-aktiven Vermeidungsaktivitäten (siehe Abschnitt 4.3.10.4.1 auf Seite 160). Lediglich die re-aktiven Aktivitäten basieren auf der Wahrnehmung und Bewertung aktueller BS-Zustände. Pro-aktive Aktivitäten erfordern hingegen die Antizipation inadäquater BS-Zustände in der Zukunft, was in den barkerschen Regelkreisen nicht vorgesehen ist.

Die im Rahmen dieser Arbeit vorgenommene Zuspitzung der „maintenance circuits“ auf die Beeinflussung der Umgebungsbedingungen und deren Wahrnehmung erfordert außerdem eine differenzierte Betrachtung der Aufgabenverteilung zwischen „sensing mechanism“, „execution mechanism“ und „maintenance mechanism“. In einfachen Fällen lässt sich eine einfache Zuordnung finden: Z.B. wenn die Temperaturen eines Raums (S-MECH) zu hoch sind und gesenkt werden sollen (E-MECH), stellt das Öffnen des Fensters eine sinnvolle Reaktion des BS-Teilnehmers dar (M-MECH). Viele Systeme in Gebäuden sind jedoch (teil-)automatisiert, sodass diese Zuordnungen überdacht werden müssen. Ein Heizungsthermostat übernimmt beispielsweise Teile von allen angeführten Mechanismen: Es registriert die Raumtemperatur, entscheidet anhand einer festgesetzten Ziel-Raumtemperatur selbstständig über die Heizleistung und stellt seine Ventile entsprechend ein. Das Individuum wiederum nimmt die Raumtemperatur wahr, entscheidet über deren Angemessenheit und passt ggf. die Ziel-Raumtemperatur durch eine Eingriffshandlung an. Der Gesamtvorgang ist also mehrschichtig aufgebaut und verteilt sich dabei auf den BS-Teilnehmer und auf Anteile des Milieus. Dabei sind beide Anteile des Gesamtregelkreises räumlich und sozial eng gekoppelt, sodass der BS-Teilnehmer eines „Einzelbüro-raum-Geschehens“ die technische Möglichkeit und die Autorität für einen Eingriff hat. Die enge räumliche und soziale Kopplung fehlt jedoch bei zentral gesteuerten Systemen, wie z.B. bei zentralen Belüftungen oder

Kühlungen. Hier wird eine kollektive Entscheidung über die Innenraumqualitäten auf einer übergeordneten Ebene getroffen. Auf diese Entscheidung und somit auf die entsprechenden BS-Qualitäten (Temperatur bzw. Luftqualität in seinem Büroraum) kann der BS-Teilnehmer des „Büroraum-Geschehens“ keinen unmittelbaren Einfluss ausüben. Dafür bedarf es zusätzlich sozialer und nicht nur technischer „Kanäle“ (z.B. Beschwerde bei der Geschäftsleitung). Die Kopplung zwischen seiner Wahrnehmung (S-MECH) und der Entscheidung über die und die Veränderung der BS-Qualitäten (E-MECH, M-MECH) erfordert also zusätzliche, verbindende Vorgänge („mechanisms“).

Diese ergänzenden „mechanisms“ sind nicht individualspezifisch, sondern typisch für das Behavior Setting und müssen daher in einer das BS charakterisierenden, basalen Handlungsstruktur verankert sein. Behavior Settings können sich eben grundlegend dahingehend unterscheiden, wie sinnvoll, wünschenswert oder notwendig diese Entkopplung von individueller Wahrnehmung und Evaluierung der BS-Qualitäten (S-MECH, E-MECH) und deren Veränderung (M-MECH) ist. Dies liegt daran, dass BS-„program circuits“ den hierfür notwendigen, individuellen Prozessen charakterisierend viel oder wenig Raum lassen können (Wahrnehmung, mentale Bearbeitung, Planung und Umsetzung konkreter Handlungen). Die Teilnahme an einem „Kontrolltower-Geschehen“ eines Flughafens in der Funktion eines Lotsen oder an einem „OP-Geschehen“ als Operateur sind Beispiele für BS-Teilnahmen, die aufgrund der Konzentrationsanforderungen nur minimalen Raum für derartige individuelle Prozesse eröffnen.

Diese Ausführungen belegen damit beispielhaft, dass die barkerschen Regelkreise einen universellen Charakter lediglich bei einer sehr hohen Abstraktion des Geschehensablaufs aufweisen. Dieses Abstraktionsmaß führt jedoch dazu, dass die Regelkreise barkerscher Art nicht als basale Handlungsstruktur für individuelles Handeln in der Gebäudesimulation gelten können. Da diese Regelkreise - wie oben an Beispielen demonstriert - offenbar spezifisch für Behavior Settings sind, müssen sie stattdessen BS-spezifisch angepasst werden. Diese Feststellung gilt unabhängig davon, dass im Rahmen dieser Arbeit die Zuspitzung auf ein vergleichsweise einfaches Behavior Setting relativ geringer Komplexität - ein „Einpersonenbüro-Geschehen“ als solitäres BS - erfolgt.

5.3.2.3 Genotypen von Behavior Settings

An die Ausführungen des vorhergehenden Abschnitts schließt sich die Frage an, ob charakterisierende BS-Eigenschaften tatsächlich für jedes reale Auftreten eines Behavior Settings („occurrence“) festgestellt werden müssen, oder ob eine Generalisierung auf der Basis einer BS-Genotypisierung möglich und sinnvoll ist.

Die Analyse des BS-Genotypzugehörigkeit (siehe Abschnitt 5.3.1.2.3 auf Seite 203) erfolgt bei Barker vornehmlich auf der Basis des BS-Programms. Als konkretes Hauptmerkmal dient dabei die Leichtigkeit, mit der ein „performer“ der Zone 5 und 6 zwischen konkreten Settings ausgetauscht werden kann, ohne dass der Programmablauf Schaden nimmt. Zusätzlich lassen sich zwischen Behavior Settings des gleichen Genotyps sowohl das Milieu als auch die Teilnehmerklassen austauschen.

Dieser Genotypisierungsansatz ist in der Gebäudesimulation nur bedingt brauchbar. So stellen aus der Sicht Barkers ein Architekturbüro, ein Bauingenieurbüro und ein Büro für haustechnische Planung Ausprägungen von drei unterschiedlichen Genotypen dar, insbesondere, da sich die Programminhalte unterscheiden und die „performers“ nicht austauschbar sind. Die konkreten Inhalte des Programmablaufs spielen jedoch aus Sicht der Gebäudesimulation keine wesentliche Rolle, sodass diese Inhalte kein Entscheidungskriterium für eine Genotypisierung sein können.

Welche Eigenschaften eines Behavior Settings allerdings tatsächlich zu den genotypischen Eigenschaften im Sinne einer Gebäudesimulation zählen, lässt sich im Rahmen dieser Arbeit nicht endgültig klären. Einige Hinweise ergaben sich jedoch bereits auf der Basis der simulationsspezifischen Einordnung der BS-Eigenschaften (Abschnitt 5.3.2.1 auf Seite 206) und der BS-Regelkreise (Abschnitt 5.3.2.2 auf Seite 211):

- *das Auftreten typischer, sowohl funktionaler als auch regulativer Verhaltensobjekte,*

- *das Auftreten typischer Anforderungen an die Umgebungsbedingungen als Teil des BS-Milieus,*
- *die zeitliche Lokalisierung und Struktur des simulierten Geschehens,*
- *die Eigenschaften der Population und deren (hierarchische) Organisation,*
- *die basalen Handlungsstrukturen, die einen Bezug zur Veränderung der Umgebungsbedingungen und deren Wahrnehmung aufweisen.*

Eine simulations-adäquate Genotypisierung ist entscheidend für die Anwendung der BS-Theorie in der Gebäudesimulation. Zum Zeitpunkt der Planung eines Gebäudes ist häufig nicht bekannt, durch wen das Gebäude zukünftig genutzt wird. So kann ein Gebäude als Bürogebäude geplant werden und sich die „Besiedlung“ mit BS-Genotypen erst später, im Zuge der Vermietung herausstellen. Um auch ohne die Kenntnis des BS-spezifischen Genotyps zu verwertbaren Erkenntnissen zu gelangen, muss also eine simulationsgerechte Genotypisierung entwickelt werden. Diese simulationsgerechte Genotypisierung muss andererseits wiederum ausreichend BS-theorieadäquat sein, damit die Erkenntnisse aus der Behavior Setting Theorie fruchtbar verwendet werden können.

5.4 Analyse individualpsychologischer Theorieansätze

Nachdem im vorherigen Abschnitt die Behavior Setting Theorie als maßgebliche Theorie überindividueller Nutzungssysteme ausführlich dargestellt wurde und einige Weiterentwicklungsansätze vor dem Hintergrund der Anforderungen der thermodynamischen Gebäudesimulation vorgeschlagen wurden, rücken nun das Individuum und seine Eigenschaften und Handlungen in den Vordergrund der Betrachtung.

Aus zwei Gründen bietet es sich dabei an, sich zunächst mit den Theorien *individueller Handlungen* zu befassen: Erstens stellen individuelle Handlungen den Verknüpfungspunkt zwischen Individuum und Behavior Setting dar, da das Individuum nur durch Abstimmung seines individuellen Handelns mit den BS-eigenen Regelkreisen zu einem dauerhaften Bestandteil des Behavior Setting werden kann. Darüber hinaus nimmt der Handlungsablauf - wie in Abschnitt 4.3.11 auf Seite 167 bereits auf der Basis der Analyse der Realitätserzählung demonstriert werden konnte - als zentraler Prozess auf alle individualpsychologischen Eigenschaften und Funktionsbereiche Bezug, die hier relevant sind. Anhand einer handlungstheoretischen Analyse lassen sich diese Eigenschaften und Funktionsbereiche also in einer sinnvollen Gesamteinheit, gebildet durch den Gesamthandlungsprozess, in einer geeigneten Reihenfolge - also der Prozessabfolge dieses Gesamthandlungsprozesses - systematisch darstellen.

5.4.1 Handlungstheorien

Der Kontext individueller Handlungen lässt sich durch die Behavior Setting Theorie selbst konzeptualisieren. Jetzt muss jedoch danach gefragt werden, wie sich im Gegensatz dazu individuelles Handeln konzeptualisieren lässt. Wie kann außerdem eine Verbindung zwischen beiden Konzeptualisierungen gelingen, die auch wirklich den Eigenarten der jeweiligen Konzeptualisierung gerecht wird? Was ist unter einer „Handlungstheorie“ zu verstehen und was kann sie im Kontext dieser Arbeit leisten? Wie lässt sich „Handlung“ definieren und gegenüber anderen (handlungsartigen) Begriffen abgrenzen? Diese (beispielhaften) Fragen sind wichtig und können dennoch - wie viele andere Fragen, die im Laufe dieses Abschnitt noch aufgeworfen werden - im Rahmen dieser Arbeit nur für spezielle Rahmenbedingungen beantwortet werden. Hierfür werden verschiedene Eigenschaften von „Handlungen“ und einige - im Bezug auf die Gebäudesimulation wichtige - Modellvorstellungen auf der Basis einer relativ umfangreichen handlungstheoretischen Literatur dargestellt und problemorientiert betrachtet. Dafür ist es hilfreich, den Begriff der „Handlungstheorie“ zunächst einmal einzuordnen.

5.4.1.1 Handlungstheorien und wofür sie hier benötigt werden

Kaminski versteht unter Handlungstheorien gedankliche Schemata, „mit deren Hilfe bestimmte Wirklichkeitsausschnitte, speziell Geschehensarten, beschrieben und interpretativ aufgeschlossen werden“ ([Kaminski 1983b]). Sie stellen also Deskriptions- und Interpretationsrahmen für beobachtbare Handlungen dar, entlang welcher sich Fragestellungen und Forschungsinteressen formulieren lassen (z.B. „wie funktioniert Wahrnehmung?“, „wie wird Wissen aufgebaut, darauf zugegriffen und verwendet?“). Kaminski fasst somit „Handlungstheorien als ein integratives Schema auf, das im Rahmen psychologischer Forschung heuristische Funktionen ausüben könnte“ ([Kaminski 1981]).

Diese Schemata müssen also - da sie den Rahmen für weitere Erkenntnisentwicklungen setzen - mit Vorsicht entwickelt werden und dabei Möglichkeiten für Anschluss, Erweiterung, Vereinfachung und Detaillierung anbieten. Sind diese Schemata „realitätsunangemessen“, so besteht die Gefahr, Kausalitäten zu suchen (und zu „finden“) wo keine vorliegen und an anderer Stelle Kausalitäten zu übersehen, da ihre Folgen nicht interpretiert werden können. Ein einfaches und implizites gedankliches Schema liegt beispielsweise der Mehrzahl der in Abschnitt 2 auf Seite 13 dargestellten Nutzermodelle zugrunde: Das verwendete, gedankliche (implizite) Schema umfasst primär den Zusammenhang zwischen Umgebungsbedingungen, Behaglichkeitsempfinden des Individuums und seinem Eingriffshandeln und grenzt damit die wissenschaftliche Suche nach Zusammenhängen erheblich ein. Dies erschwert offenbar die Berücksichtigung anderer relevanter, objektiver Randbedingungen oder verhindert sie sogar, sodass es in der Folge zu unbefriedigenden Prognoseleistungen kommt.

5.4.1.2 Definition von „Handlung“

Vor fast 30 Jahren formulierte Kaminski in Bezug auf „Handlung“ die folgende Aussage als These: „Das Konzept ‚Handlung‘ ist in einem bislang noch nicht genügend ernst genommenen Ausmaß vieldeutig. Es ist kein auf weitere Sicht tragfähiges Fundamentalkonzept, sondern mehr ein provisorischer Hilfs-Begriff“ ([Kaminski 1983b]).

Aktuelle Definitionen zeigen, dass sich an der Gültigkeit dieser Feststellung nichts Wesentliches geändert hat. [Achtziger & Gollwitzer 2010] definieren Handlung als „alle Aktivitäten, denen eine Zielvorstellung zugrunde liegt.“ Dies trifft auf die hier betrachteten Handlungen (Abschnitt 4.3.10 auf Seite 154) durchaus zu - allerdings ebenfalls auf zahlreiche andere Geschehensarten: So ließen sich darunter „ein Fach studieren“, „ein Auto kaufen“, „ein Müsli machen“ oder auch „sich auf einen Stuhl setzen“ subsumieren. Dies sind jedoch alles Geschehen, die sich zumindest hinsichtlich ihrer zeitlichen Ausdehnung und ihres Komplexitätsgrades erheblich unterscheiden. Diese Definition führt also zu einer nicht ausreichend homogenen Klassifizierung von Geschehensarten. Diese Homogenität ist jedoch wünschenswert, da die erwähnten Handlungen vermutlich nicht nach identischen Prinzipien konzeptualisiert werden können. Für [Betsch et al. 2011] zeichnen sich Handlungen durch die „zugrunde liegenden Ziele“ und durch die Verbindung mit „Sinn und Bedeutung“ aus. Im Zentrum von Handlungstheorien steht die „Intentionalität menschlichen Tuns“. Auch dies hilft in Bezug auf die vorliegende Arbeit nicht viel weiter, da die Eingrenzung des Begriffs dadurch nicht schärfer wird. Ähnliches gilt auch für [Hommel & Nattkemper 2011]: „Unter einer Handlung versteht man eine intendierte, zielgerichtete Bewegung; die Ausführung einer Handlung setzt also die Existenz einer Handlungsintention und eines Handlungsziels definitorisch voraus.“ Dabei wird nicht völlig klar, ob mit „Bewegung“ tatsächlich eine konkrete Lokomotion oder ob der Begriff im übertragenen Sinne gemeint ist (z.B. als Fortschritt einer Handlung in eine Zielrichtung). Die Definition führt den zuvor aufgeführten Definitionen jedenfalls nichts Wesentliches hinzu.

Auch [Edelmann 2000] ist der Ansicht, dass der Handlungsbegriff „eigenartig unbestimmt“ ist und dass auch die Abgrenzung des Begriffs „Handeln“ von dem Begriff „Verhalten“ Probleme bereitet. Um die Eigenschaften eines idealen Handelnden einzugrenzen (ideal in dem Sinne, dass das Tun dieses Akteurs *eindeutig* als Handeln zu klassifizieren ist), stellt er Handlungsdefinitionen verschiedener Autoren einander gegenüber und filtert die folgenden Merkmale als wesentlich heraus (aufgeführt nach [Edelmann 2000], S.195):

- *Die Innensteuerung der Handlung durch den Handelnden, d.h. geleitet durch die antizipatorische Vorwegnahme der Handlungskonsequenzen auf der Basis eigener Entscheidungen,*
- *die Entscheidung des Handelnden zwischen unterschiedlichen Handlungsmöglichkeiten,*
- *der subjektive Sinn der Handlung und des Ergebnisses für den Handelnden,*
- *die Zielgerichtetheit der Handlung,*
- *ein flexibles Handlungskonzept,*
- *die Bewusstheit der Handlung für den Handelnden,*
- *die Verantwortlichkeit des Handelnden und*
- *der Wissenserwerb, der durch die Handlung erfolgt.*

Im Gegensatz dazu zeichnet sich ideales *Verhalten* dadurch aus, dass es außengesteuert und relativ starr ist und nicht wesentlich bewusst kontrolliert wird.

[Kaminski 1981] beschreibt ähnliche Komponenten und Relationen dieser Komponenten zueinander als „Minimalimplikationen von Handeln.“ Zu diesen Eigenschaften zählt, dass sich das als Handeln bezeichnete Tätigsein über einen mehr oder weniger langen Zeitraum erstreckt und dabei verschiedene Effekte, vor allem aber den als Zielzustand geltenden Effekt, bewirkt. Die bewirkten Teileffekte auf dem Weg zum Zielzustand werden wahrgenommen und einer Beurteilung unterzogen. Diese Beurteilung erfolgt im Vergleich mit dem zu Hand-

lungsbeginn antizipierten und über den Handlungsverlauf gedanklich abgespeicherten Zielzustand bzw. seiner Zwischenstationen. Aus Diskrepanzen zwischen Zielantizipation und Zielerreichung folgen Konsequenzen für das weitere Handeln.

Keine der beiden Definitionen ([Kaminski 1981], [Edelmann 2000]) lässt eindeutig darauf schließen, ob es erforderlich ist, zwischen Handlungen unterschiedlicher Komplexität zu differenzieren. [Edelmann 2000] bezieht auf Seite 194 seine Definition allerdings auf Handlungen „eines etwa mittleren Differenzierungs- oder Komplexitätsgrades.“ Wie sich Komplexitätsgrade konkret voneinander abgrenzen lassen, bleibt dabei jedoch unklar. Es wird lediglich der Hinweis auf die Tätigkeitstheorie von [Leontjew 1982] gegeben, in der zwischen *Tätigkeit*, *Handlung* und *Operation* unterschieden wird. Dabei beschreibt Leontjew *Tätigkeit* als „eine ganzheitliche, nicht aber eine additive Lebenseinheit“ (S. 83), die *motivgeleitet* und komplex ist (wie z.B. das Studium). Die Tätigkeit setzt sich aus *Handlungen* zusammen, die wiederum *zielgeleitet* sind: „Die die Tätigkeit realisierenden Handlungen werden durch ihr Motiv initiiert, sind jedoch auf ein Ziel gerichtet“ (S. 103). Dabei scheint entscheidend zu sein, dass „ein und dieselbe Handlung [...] verschiedene Tätigkeiten realisieren“ kann (S. 103). So kann die Handlung, deren Ziel es ist, von zuhause zur Universität zu gelangen, ein Teil der Studiumstätigkeit sein. Es kann aber auch sein, dass diese Handlung im Rahmen einer Tätigkeit „Ausstellung besuchen“ oder „Freunde treffen“, aber mit dem gleichen Ziel (des entsprechenden Ortswechsels) erfolgt. Handlungen werden wiederum durch *Operationen* realisiert. Diese korrelieren nach Leontjew nicht mit den Zielen sondern mit den *Bedingungen*: Ändern sich die Bedingungen einer Handlungen, so ändert sich i.d.R. auch „die operationale Zusammensetzung der Handlungen“, nicht jedoch das Ziel (S. 106, es kann z.B. ein anderer Weg oder ein anderes Transportmittel zur Universität gewählt werden).

Die im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Handlungen lassen sich in diese Definitionsansätze durchaus einordnen, wenn auch diese Einordnung im Detail nicht immer zwingend ist. Im leontjewschen Sinne wären es *Handlungen* mit Zielen (die Ziele der Kernaktivitäten mit Bezug auf die Bedürfnisse in Abschnitt 4.3.10.3 auf Seite 157, wie z.B. die definierten „Behaglichkeitsziele“ oder die „Funktionserhaltungsziele“), die im Rahmen unterschiedlicher, übergeordneter *Tätigkeiten* (Bürotätigkeit, Freizeittätigkeit) durchgeführt werden können und dabei je nach *Bedingungen* unterschiedliche *Operationen* umfassen (Fenster öffnen oder schließen, Heizung auf- oder abdrehen). Darüber hinaus werden von den in der Realitätsanalyse betrachteten Handlungen die Kriterien erfüllt, die Bezug auf den Prozesscharakter von Handlungen und deren innerer Repräsentation beim Individuum nehmen (Zielantizipation, Sinnggebung, variables Handlungskonzept, Bewusstheit). Diese beiden Zuordnungen erlauben es also, diese Handlungen einerseits als „Handlungen mittleren Differenzierungs- und Komplexitätsgrades“ anzusehen und andererseits einer systemtheoretischen Betrachtung zu unterziehen.

5.4.1.3 Konzeptuelle Abgrenzung des Individualhandelns vom Geschehen innerhalb eines Behavior Settings

Kaminski stellt einen Bezug zwischen Behavior Settings und Individualhandeln her, indem er „Behavior Settings als handlungsdeterminierendes Primärsystem“ beschreibt, welches für das Individuum „ein komplexitätsreduzierender Orientierungskontext“ ist ([Kaminski 1983b]). In Abschnitt 5.3.2 auf Seite 206 wurde die Theorie der Behavior Settings bereits ausführlich dargestellt. Dabei wurde u.a. die normierende Wirkung herausgehoben, welche die Eigenschaften eines BS auf die Merkmalsausprägungen der drei übrigen Kategorialebereiche Umgebungsbedingungen, Gebäude und Individuum ausüben. Insbesondere wurde darauf hingewiesen, dass die BS-eigenen Programme als *basale Handlungsstruktur* dienen, welche mehr oder weniger viele Freiräume für das Individualhandeln zulässt. Da sowohl die Verwendung der Theorie der Behavior Settings - als Theorie überindividuelle Geschehenssysteme - als auch die Verwendung von Theorien individueller Handlungen als fruchtbar für die Betrachtung von Nutzern in Gebäuden erachtet wird, muss langfristig die Frage einer begründbaren und zweckmäßigen methodischen Verknüpfung beider Theorien gelöst werden. Um diese Notwendigkeit zu verdeutlichen, sollen nachfolgend einige Aspekte in enger Anlehnung an [Kaminski 1983a] dargestellt werden.

Unter Abschnitt 5.3.2 auf Seite 206 wurde gezeigt, dass die Behavior Setting Theorie die individualhandlungseinbettenden Randbedingungen auf drei unterschiedlichen Größenskalen darstellt, und zwar „Behavior Setting“, „Verhaltensobjekt“ und „Verhaltensepisode“. Insbesondere mit der Verhaltens-Habitat-Einheit BS gelingt es, relativ große und komplexe Geschehenssysteme umfassend abzubilden. Allerdings ist dies nur auf Kosten eines stark reduzierten Detaillierungsgrades möglich, sodass Behavior Settings ein recht grobes Beschreibungsraster des Handlungsgeschehens darstellen. Handlungstheorien artikulieren ebenfalls Handlungsgeschehen, jedoch - wie bereits an den definierenden Eigenschaften des Begriffs „Handeln“ erkennbar - in einer solchen Feinkörnigkeit, dass das *Gesamtgeschehen* dadurch nicht mehr abbildbar ist. Daher muss man sich „im jeweiligen Interessenkontext, in dem man arbeitet, fragen, ob bzw. wann man es sich leisten kann, Alltagsverhalten in einem spezifischen Sinne als Handeln (auf der Basis einer psychologischen Handlungstheorie) zu analysieren, und wann man darauf verzichten muss, um noch einen größeren Geschehenszusammenhang bzw. größeren Geschehenskontext im Griff zu behalten“ ([Kaminski 1983a]).

Einige Antworten auf diese Frage sind bereits - für das hier behandelte Problemfeld - in der Methodik der Realitätserzählung und ihrer Analyse angelegt. Die Realitätserzählung hatte zum Ziel, möglichst all jene Realitätskomponenten zu umfassen, für die ein potenzieller Einfluss auf das Handeln des Gebäudenutzers und in der Folge dieses Handelns für den Energiehaushalt des Gebäudes gedanklich konstruiert werden kann (siehe Abschnitt 4.1 auf Seite 61). Die Taxonomisierung dieser in der Realitätserzählung auftauchenden Realitätskomponenten führte dann zu einem recht *feinen* Beschreibungsraster der (im folgenden sogenannten) Störungskorrekturaktivitäten, jedoch zu einem recht *groben* Beschreibungsraster für andersartige Individualaktivitäten. Aus dieser erhöhten Beschreibungsdichte der Störungskorrekturaktivitäten lässt sich folgern, dass sie auch theoretisch intensiver, d.h. mit einer entsprechend hohen Feinkörnigkeit betrachtet werden müssen. Es sollten sich also z.B. möglichst alle aus der Realitätserzählung abgeleiteten und mit diesen Handlungen in Verbindung stehenden Phänomene - wie z.B. die Entscheidung für oder gegen eine von vielen Handlungsoptionen, der Begriff der „Handhabbarkeit“ oder die Folgen individueller Präferenz-Rangfolgen - konzeptuell erfassen lassen. Daraus folgt zwingend - und das stimmt mit den Erkenntnissen des Abschnitts 4.3.11 auf Seite 167 überein - dass der BS-typische Beschreibungsraster für die konzeptuelle Erschließung der Störungskorrekturhandlungen nicht ausreichend und hierfür somit eine prozessorientierte, handlungstheoretische Betrachtung erforderlich ist. Darüber hinaus zeigte sich im Zuge der Taxonomisierung der Störungskorrekturaktivitäten für einige Fälle ein besonderer Bezug zu den Bewegungsaktivitäten des Individuums (als Teil der „Vor- und Nachbereitungsaktivitäten“, Abschnitt 4.3.10.2.2 auf Seite 156). Dabei handelte es sich um die in Abschnitt 4.3.10.4.3 auf Seite 162 beschriebene Bindung von Störungskorrekturaktivitäten an einen Ortswechsel („initiiierende“ oder „terminierende“ Störungskorrekturaktivitäten). Diese Ortswechsel (bzw. die Anwesenheitszeiten in einem BS) lassen sich zu einem großen Anteil durch die entsprechenden Setting-Eigenschaften bestimmen (siehe Abschnitt 5.3.2.1.4 auf Seite 210). Allerdings werden die Anwesenheitszeiten - und dies trifft insbesondere auf die hier avisierte Zuspitzung auf ein Einpersonenbüro als solitäres BS zu - ebenfalls durch Individualzielhandlungen bestimmt, falls für deren Durchführung das Verlassen des betrachteten BS erforderlich ist (Gang zur Toilette, Gang zum Mittagessen). Dies lässt darauf schließen, dass auch diese Aktivitäten mit einer höheren Feinkörnigkeit betrachtet werden müssen, wobei dies voraussichtlich nicht so sehr für die Betrachtung der Durchführung, sondern primär für die Betrachtung von Auftretenszeitpunkt und Dauer dieser Handlungen gilt.

Welche Betrachtungsauflösung dabei konkret erforderlich ist, lässt sich vom absoluten Standpunkt aus nicht beantworten, da die Betrachtungsauflösung von der gewünschten *Abbildungspotenz* des Modells abhängt. [Kaminski 1983a] beschreibt dies als „trade off zwischen konzeptueller Einfachheit und Abbildungspotenz“. Konzeptuell einfache Modelle kennzeichnen sich durch eine geringe Abbildungspotenz, da sie einen hohen *Phänomenüberhang* aufweisen. Phänomenüberhang bedeutet, dass beobachtbare Phänomene keine konzeptuelle Entsprechung innerhalb des Modells aufweisen und somit nicht abgebildet werden können. Eine hohe Abbildungspotenz wird entsprechend durch einen hohen *Komplikationsgrad* erkaufte ([Kaminski 1983a]).

Da die sehr detailliert aufgelöste Handlungsbetrachtung in die umfangreichere, jedoch detailärmere Geschehensbetrachtung eingebettet werden muss, besteht die Anforderung an Handlungstheorien, „ökologische Eigenschaften“ aufzuweisen. Damit ist das Folgende gemeint: Während nicht-ökologische Handlungstheorien die

Handlung weitestgehend isoliert vom Standpunkt der Zielstellung aus beschreiben, versucht die „ökologische Handlungstheorie“ zusätzlich, den objektiven Handlungskontext zu berücksichtigen, in den sich die Zielanstrengung einbettet. Damit wird ein konsequenterer Bezug der Handlung auf die sich wandelnden, Zielentstehung, Zielauswahl und Handlungswege mitbestimmenden Umgebungsbedingungen angestrebt. Es geht also um eine realitätsangemessene Berücksichtigung der „Verflechtung“ beider Wirklichkeitsbereiche“ ([Kaminski 1983a]). Dieser objektive Handlungskontext ist dabei jedoch - realistisch betrachtet - einer ständigen Dynamik unterworfen. [Kaminski 1983a] spricht dabei einerseits von *dependent* und andererseits von *independent* Dynamik der Umgebungsbedingungen im Alltagsgeschehen. Dependente Dynamik beschreibt die Abhängigkeit der Dynamik vom Handeln des Akteurs (im hier betrachteten Problemfeld z.B. die zielgerichtete Veränderung der Umgebungsbedingungen im Innenraum durch die Eingriffshandlungen des Nutzers), während die independente Dynamik die vom Handelnden unabhängige Dynamik beschreibt (im hier betrachteten Problemfeld z.B. die Veränderungen des Wetters im Tagesverlauf). Beide Dynamiken überlagern sich offensichtlich zu einer Gesamtdynamik.

Die übliche Mehrschichtigkeit der Alltagsrealität führt außerdem zu Mehrfachanforderungen an das Individuum und in der Folge zu *Mehrfachhandlungen*. Unter diesem Begriff subsumiert [Kaminski 1983a] mindestens drei Ausprägungen: 1.) Auf verschiedenen, funktionalen Ebenen hierarchisch gegliederte Handlungsabläufe, also z.B. auf der obersten funktionalen Ebene „das Fenster öffnen“, auf der darunter folgenden funktionalen Ebene „zum Fenster gehen, das Fenster per Handgriff öffnen, zum Schreibtisch zurückgehen“, und auf einer weiteren funktionalen Ebene „einen Fuß vor den anderen Fuß setzen“. 2.) Durchführung überlappender, unabhängiger Handlungen, also z.B. „während des Essens eine Unterhaltung führen“. 3.) Funktionale Einbettung von Handlungen in einen übergeordneten Handlungskontext, wie z.B. das Schließen des Fensters während der Arbeit aufgrund des Lärms außen oder während der Freizeit aufgrund der Kälte außen. Um diesen Mehrfachanforderungen gewachsen zu sein, muss ein Individuum ein vielfältiges Handlungsrepertoire bereithalten, aus dem es Handlungen abrufen kann, die ihm für die Zielerreichung geeignet erscheinen.

Die aufgeführten Beispiele weisen darauf hin, dass insbesondere die erste und die dritte Art des Mehrfachhandelns im Kontext dieser Arbeit bedeutend sind. Vor dem Hintergrund der Gesamtabsicht dieser Arbeit - nämlich die Interaktion des Nutzers mit dem Gebäude durch die Entwicklung eines simulationsadäquaten Prognosemodells in der thermodynamische Gebäudesimulation zu berücksichtigen - und vor dem Hintergrund der ökopsychologischen Anforderungen an Handlungsmodelle - nämlich die dynamischen, objektiven Gegebenheiten und deren Verflechtung mit dem Handeln des Individuums zu berücksichtigen - zeichnet sich darüber hinaus jedoch insbesondere das Potenzial ab, welches die Zusammenführung von thermischer Gebäudesimulation und Handlungstheorie birgt: Zumindest in Bezug auf die Umgebungsbedingungen ist die Gebäudesimulation originär geeignet, die durch die Ökologische Psychologie geforderte Gesamtdynamik des Milieus abzubilden.

5.4.1.4 Theoretische Handlungsmodelle und Vergleich mit den Erkenntnissen der vortheorietischen Betrachtung

Handlungstheorien lassen sich in unterschiedliche „Theriefamilien“ unterteilen, mit jeweils spezifischen Betrachtungsschwerpunkten und Erkenntniszielen. Mit Bezug auf [Brandstädter 2001] unterscheidet [Hie-misch 2009] zwischen motivationspsychologischen, systemtheoretischen, strukturalistischen und sozialkonstruktivistischen bzw. tätigkeitsorientierten Ansätzen und betont, dass insbesondere die beiden ersten Ansätze die Entwicklung psychologischer Handlungstheorien besonders geprägt haben.

Dabei liegt der Schwerpunkt der *motivationspsychologischen* Forschung auf der Betrachtung der Zielwahl und bedient sich dabei psychologischer Konstrukte wie Temperament, Instinkt, „needs“ (Bedürfnisse, wie sozialer Anschluss, Macht, Leistung oder Ordnung) oder Emotionen (Freude, Furcht oder Wut), um die Motivation für eine Zielerreichung zu ergründen ([Scheffer & Heckhausen 2011]). Die Zielwahl wird zwar im Rahmen dieser Arbeit auch eine Rolle spielen, hierbei werden jedoch - folgt man der Taxonomisierung der Realitätserzählung - vermutlich alltäglichere Motive eine Rolle spielen. Motivationspsychologische Ansätze sind hier also nur bedingt brauchbar.

Stattdessen soll an dieser Stelle der Frage nach den Struktur- und Prozesskomponenten von Handlungen und ihren Beziehungen zueinander nachgegangen werden (zu denen auch der Akt der Zielwahl zählt). Mit diesen Fragen der Zielrealisierung und der entsprechenden Handlungsregulation befassen sich systemtheoretische Ansätze, für die nachfolgend einige Beispiele dargestellt werden sollen.

5.4.1.4.1 Das TOTE-Modell und das Modell der hierarchisch-sequenziellen Handlungsorganisation

Es ist nicht die Absicht dieser Unterabschnitte, eine vollständige Historie der Entwicklung systemtheoretischer Handlungstheorien darzustellen. Das TOTE-Modell von [Miller et al. 1960], auf das schon Barker für die Entwicklung der BS-eigenen Regelkreise zurückgriff, gilt jedoch als erster Schritt in Richtung einer Betrachtung von zielgerichtetem Handeln als kybernetischem Prozess. Das Modell der hierarchisch-sequenziellen Handlungsorganisation von [Volpert 1983] baut auf dem TOTE-Modell auf und fügt einige für diese Arbeit relevanten Aspekte auf der Basis der hierarchischen Organisation von Handlungsplanungen hinzu. Dies soll hier allerdings nur beispielhaft erläutert werden, da dessen Stoßrichtung auch anderswo beschrieben wird. Beide Grundannahmen - *kybernetische* und *hierarchische* Organisation - spielen für die Betrachtung verfeinerter Modelle eine erhebliche Rolle und werden daher nachfolgend skizziert.

Die Abkürzung TOTE steht für „test-operate-test-exit“ und beschreibt damit das Grundprinzip reflektierter Handlungsverläufe. Das erste „test“ steht für das Testen (Vergleichen, Evaluieren, Überprüfen) eines (zielrelevanten) Zustands (z.B. Position des Nagels) anhand eines Zielkriteriums (ist der Nagel ausreichend eingeschlagen?). Ist das Ziel (bestimmte Position des Nagels) noch nicht erreicht, so erfolgt der nächste Schritt „operate“ (also das weitere Einschlagen des Nagels mit dem Hammer). Diese Sequenz „test-operate“ wird so lange fortgesetzt, bis das Ziel erreicht wird, was durch einen finalen „test“ überprüft wird. Nach der Zielrealisierung (der Nagel ist jetzt ausreichend eingeschlagen) wird die Handlung abgeschlossen („exit“).

Diese einfache Handlungssequenz lässt sich hierarchisch untergliedern, indem die „operate“-Einheit unterteilt wird. Die Handlung „Einschlagen des Nagels mit dem Hammer“ ließe sich beispielsweise in die „operate“-Subeinheiten „ausholen-zielen-einschlagen“ aufteilen, wobei jede Subeinheit wiederum in die Sequenz „test-operate-test-exit“ differenzierbar wäre. Die „Gesamthandlung“ „Nagel mit dem Hammer einschlagen“ könnte andererseits wiederum eine „operate“-Einheit der Handlung „Bild aufhängen“ darstellen. Dieses „Bild aufhängen“ würde sich dabei vielleicht in die sequenziellen Teilhandlungen „Nagel 1 einschlagen“, „Nagel 2 einschlagen“ und „Bild einhängen“ unterteilen, die jeweils nach dem Durchlaufen und Bestehen ihres spezifischen „test“ abgeschlossen werden würden. Handlungen sind nach dieser Modellvorstellung also horizontal in sequenzielle Einheiten gegliedert, die sich gleichzeitig vertikal in Subeinheiten hierarchisieren lassen.

[Volpert 1983] wies darauf hin, dass die Modellvorstellung nicht nur auf die *Handlungsausführung* angewendet werden kann, sondern dass sie den Charakter eines allgemeineren Rahmens aufweist. Insbesondere kann das Grundprinzip der Hierarchisierung und der Einheitenbildung auch auf die *Planung* von Handlung (Generierung) angewendet werden. Durch das Bilden einfacher (Planungs-)Einheiten in hierarchischen Strukturen wird das Gesamtproblem zerlegt und der Handelnde operiert dadurch mit kapazitätsadäquaten Größen und Beziehungen. Die Handlungsplanung teilt sich somit in „Ober- und Untereinheiten“ auf (auch „Ober- und Unterziele“, siehe auch [Kleinbeck 2011], [Cranach et al. 1980]), wobei die konkreten Ziele einer unteren Einheit von der ihr direkt übergeordneten Einheit vorgegeben und die Zielerreichung auch an diese „rückgemeldet“ wird. Untergeordnete Einheiten stellen dabei Mittel zum Zweck der Erreichung übergeordneter Ziele dar. Das Aufstehen vom Stuhl kann z.B. Mittel zum Zweck sein, sich in Richtung der Fassade zu bewegen. Die Bewegung zur Fassade kann dabei wiederum Mittel zum Zweck sein, den Sonnenschutz zu schließen, was wiederum Mittel zu dem Zweck sein mag, Überblendungen auf dem Monitor zu beseitigen. Dies ergibt sich dabei aus dem Ziel, die Arbeitsaufgabe weiterhin durchführen zu wollen. Die Ziele und die Planung der Zielerreichung sind dabei also hierarchisch geordnet.

Jedes (Unter-)Ziel wird vor dem Hintergrund seiner *Erreichbarkeit* und seines *Wertes* für das jeweils übergeordnete Ziel ausgewählt. Hierarchisch weiter unten angeordnete, einfache Basiseinheiten weisen dabei

eine höhere Universalität auf, können also für zahlreiche Zielstellungen als Mittel dienen. „Sich zur Fassade bewegen“ kann z.B. dem Öffnen des Fensters, dem Schließen des Sonnenschutzes oder dem Aufdrehen der Heizung dienen. „Überblendungen auf dem Monitor verhindern“ ist dagegen sehr viel spezifischer. Volpert zählt z.B. die sensomotorischen Fertigkeiten zu solchen Basiseinheiten, die „ein hohes Maß an Stabilität bei gleichzeitig flexibler Anpassung an unterschiedliche Randbedingungen“ erreichen ([Volpert 1983]).

Die Selektion geeigneter Einheiten bei der Planung einer Handlung erfolgt nach Volperts Modellvorstellung durch Zugriff auf abgespeicherte „Listen“. In diesen Listen sind relevante Eigenschaften der Einheiten abgelegt, wie z.B. „ihre möglichen Ausgangszustände, ihr Zielzustand und ihre Transformationen (Untereinheiten)“, „die möglichen vorausgehenden und folgenden Einheiten derselben Ebene“ und die Erreichbarkeit und der Wert in spezifischen Situationstypen und für verschiedene Oberziele ([Volpert 1983]).

5.4.1.4.2 Das Handlungsgrundmodell von Kaminski

Kaminski hat ein hierarchisch organisiertes Handlungsgrundmodell entwickelt, dessen Grundzüge hier beispielhaft erläutert und mit den Erkenntnissen der Analyse des Handlungsgeschehens auf der Basis der Realitätserzählung (Abschnitt 4.3.11 auf Seite 167) abgeglichen werden soll. Der Schwerpunkt liegt dabei zunächst auf der „theoretischen Binnengliederung des Funktionierens eines Niveaus, speziell einer ausgrenzbaren Handlungseinheit eines Niveaus“ ([Kaminski 1981]), also z.B. der zuvor beschriebenen TOTE-Einheiten.

In der Modellvorstellung wird der Gesamtprozess einer Einheit in zwei - jeweils regelkreisartig organisierte - Anteile zweigeteilt, den *Realisierungsanteil* und den der Realisierung vorgeschalteten *Orientierungsanteil*. Der Orientierungsregelkreis dient dabei der Realisierungsvorbereitung und wird erst verlassen, wenn die Ergebnisse der Orientierung als ausreichend für die Realisierung erachtet werden. Diese Realisierung erfolgt dann bis zur Zielerreichung, sofern der Verlauf der Realisierung in ausreichendem Maß mit dem antizipierten Realisierungsverlauf der Orientierung übereinstimmt. Stimmt der Verlauf in einem unzulässigen Maß nicht überein, so erfolgt eine Rückführung in den Orientierungsregelkreis zur Neuorientierung. Für beide Entscheidungen - einerseits über eine ausreichende Orientierung und andererseits über eine ausreichende Konkordanz zwischen Antizipation und Realisierung - sind Prüfstandards ähnlich den „test“-Einheiten des TOTE-Modells erforderlich.

Den wesentlichen Bestandteil beider Regelkreise bildet in Kaminskis Modell das *Handlungsraumkonzept*, welches im Orientierungsregelkreis die antizipierte und im Realisierungsregelkreis die kognitive Repräsentation der realen „Lage“ bzw. „Situation“ darstellt. Diese „Lage“ bzw. „Situation“ wird grob durch drei Unterklassen repräsentiert: den *momentanen Ausgangszustand*, den *angestrebten Zustand* und die *Operationen*, welche die Zustandstransformation bewirken können. Diese Handlungsraumkonzepte liegen nicht einfach vor, sondern müssen unter Zuhilfenahme typischer Prozesse situationsspezifisch aufgebaut werden. Innerhalb des Orientierungsregelkreises handelt es sich dabei vornehmlich um drei zu unterscheidende Prozesse: Die *Datenbeschaffung* durch Wahrnehmungsprozesse (entweder durch absichtsvolle Erkundung oder durch unwillkürliche Aufmerksamkeitslenkung), die *Datenverarbeitung* durch inferenzielle Umformung der bereits vorhandenen Inhalte des Handlungsraumkonzeptes und die *Speicheraktivierung* durch Reaktualisierung des überdauernd gespeicherten, situationsgerechten Wissens. Dabei gilt die Annahme, dass die Wissensbestände nach verschiedenen Kriterien *organisiert* vorliegen und in dieser Organisationsform abgerufen werden können (z.B. nach Auftretens- und Abfolgewahrscheinlichkeiten, Zusammengehörigkeit, Präferenzen).

Insbesondere die Datenbeschaffung durch die Wahrnehmung der Umgebung, weniger die Verarbeitung und Speicheraktivierung, spielt für das Handlungsraumkonzept des Realisierungsregelkreises eine herausgehobene Rolle, da dem Handelnden durch die aktive Situationsumwandlung permanent externe und interne Daten zufließen und diese die kognitive Repräsentation der aktuellen Lage konstituieren. Die tatsächliche Realisierung der Handlung erfordert jedoch vorab das Abrufen entsprechender *Könnensmuster*. Diese Realisierung wird dann - wie eingangs beschrieben - entweder bis zur Zielerreichung durchgeführt oder, bei mangelnder Konkordanz mit der Ablaufantizipation, vorzeitig abgebrochen und der Orientierungsregelkreis aktiviert.

[Kaminski 1981] verweist auf einige Sachverhalte in Bezug auf diese Modellvorstellung, die hier ebenfalls kurz aufgeführt werden sollen. Grundsätzlich gilt, dass hinter diesen Prozessen und Prozesselementen komplexe psychologische Vorgänge verborgen sind, die - da sie hier lediglich begrifflich aufgeführt werden - einer extensiven, weiteren Differenzierung bedürfen. Ganz in diesem Sinne ist dieses Modell als Heuristik für die weitere Bearbeitung und Schwerpunktsetzung - auch für diese Arbeit - zu verstehen. Zusätzlich verweist Kaminski auf konkrete Auslassungen beziehungsweise potenzielle Zuspitzungen des Modells, die im Rahmen dieser Arbeit relevant werden könnten. So beinhaltet das Modell zwar die Reaktualisierung und Anreicherung von Wissen, jedoch keine gegenläufigen Deaktualisierungs- bzw. Verarmungsprozesse. Außerdem werden keine Aussagen über Prozesse getroffen, die über die aktuelle Handlungsregulation hinausgehen, wie z.B. Lernen oder Konditionieren. Als Variationsmöglichkeit des Modells wird darüber hinaus - und dies betrifft z.B. die Unterscheidung zwischen pro-aktiven Vermeidungsaktivitäten und re-aktiven Instandsetzungsaktivitäten - die Differenzierung der Zielzustände in Erreichungs- und Erhaltungsziele vorgeschlagen.

Da sich dieses Schema auf die Codierung *einer* Handlungseinheit *einer* Ebene bezieht, die Gesamthandlung jedoch als hierarchisch-sequenziell aus diesen Handlungseinheiten zusammengesetzt betrachtet wird, werden von Kaminski zusätzliche Fragen aufgeworfen. Diese betreffen z.B. die Abgrenzung des Prinzips der Hierarchisierung „nach oben“ und „nach unten“ und die Integration der einzelnen Einheiten zu einer Gesamthandlung durch Beziehungen wie die Aufgabendelegation an untergeordnete Einheiten, die Rückmeldung an übergeordnete Einheiten oder Fragen der Unterbrechung und Wiederaufnahme von Teileinheiten.

5.4.1.4.3 Vergleich mit dem Handlungsprozess der vortheoretischen Betrachtung

Durch den Vergleich des Modells von Kaminski mit den vortheoretischen Betrachtungen des Handlungsprozesses von Störungskorrekturaktivitäten lassen sich einige Zuordnungen durchführen, die für die weitere theoretische Betrachtung relevant sind.

In dem vortheoretischen Modell (siehe Abbildung 47 auf Seite 176) wird der Begriff „ORIENTierung“ speziell für das aktive und bewusste Beschaffen von Daten verwendet (auf die Uhr schauen, auf das Thermometer schauen, den Himmel betrachten), während dieser Begriff in dem Handlungsgrundmodell weit umfassender gemeint ist: Dort wird er als Sammelbegriff für die Prozesse der Wahrnehmung und darüber hinaus für alle Elemente, die in der Realitätsanalyse der Handlungsplanung (HP) zugeordnet wurden, verwendet. So kann der Rückgriff auf „erprobte Strategien“ als situationsspezifische Wissensreaktualisierung verstanden werden, während die PROGnose auf der Basis inferenzieller Umwandlungsvorgänge erfolgt (z.B. Schlussfolgerungen wie „wenn A eintritt, dann folgt B“). Für diese Vorgänge wird laut der vortheoretischen Betrachtung auf gespeicherte „Erfahrungen“ zurückgegriffen. Aufgrund der alltagssprachlichen Bedeutung des Begriffs „Erfahrung“ (Erfahrungen kann man *machen*, Erfahrungen kann man *haben*) lässt sich dieser Zusammenhang als Rückgriff (oder Reaktualisierung) auf einen umfassenderen Wissensspeicher verstehen. Auf die ENTscheidung für eine Handlung (dem Abschluss der Orientierungsphase entsprechend) folgt in der Realitätsanalyse die Durchführung (DF) der Handlung, die dann durch Vergleich mit einem ERwarteten Zustand evaluiert werden muss (der Konkordanzprüfung ähnlich).

Durch die Analyse der Realitätserzählung wurden zusätzliche Prozesselemente identifiziert, die innerhalb des Handlungsgrundmodells entweder nicht auftreten oder dort keine gesonderte Betonung erfahren. Z.B. wird die Zieldefinition (ZD) herausgehoben, die innerhalb des Handlungsgrundmodells lediglich im Rahmen des Handlungsraumkonzeptes als anzustrebender Zielzustand auftritt. Allerdings betrifft die Zieldefinition auch sehr weitläufige Fragen, die schwer zu beantworten sind: beispielsweise die angesprochene Frage der Aufgabendelegation an untergeordnete Handlungseinheiten (als ZD dieser Einheit) oder die Abgrenzung des Hierarchisierungsprinzips nach oben und unten (kann auf der einen Seite „glücklich sein“ und auf der anderen Seite das Ergebnis einer Reflexhandlung noch als Ziel im Sinne dieser Handlungsbetrachtung angesehen werden?). Darüber hinaus finden die Individualeigenschaften „Präferenz“ und „Toleranz“ im Handlungsgrundmodell keine explizite Erwähnung, was jedoch vermutlich dem hohen Allgemeinheitsgrad des Handlungsgrundmodells und seiner damit einhergehenden (homogenen) Abstraktheit geschuldet ist. Es wurde in diesem

Bezug bereits erwähnt, dass das Handlungsgrundmodell lediglich als Grobcodierung von Handlungsprozessen verstanden wird, hinter dessen Einzelkomponenten komplexe psychologische Prozesse verborgen sind. Dem Handlungsgrundmodell sind außerdem - wie erwähnt - keine Prozesse der Wissensanreicherung im Sinne des Lernens zugeordnet, was jedoch auf der Basis der Realitätsanalyse als relevant eingestuft wurde. Dies trifft z.B. auf Interaktionen mit einer dem Handelnden unbekanntem Umgebung, wie z.B. einem Hotel, zu (dargestellt als Rückwirkung der Evaluierung auf den Aufbau von „Erfahrungen“). Teile der unter dem Begriff „Erfahrung“ beschriebenen Zusammenhänge der Realitätsanalyse - insbesondere der Bezug auf die zeitliche Diskontinuität durch Auf- und Abbau von Erfahrungen, Abschnitt 4.3.6.9 auf Seite 114 - lassen sich allerdings bei einer wissenschaftsfundierten Betrachtung eher Reaktualisierungs- und Deaktualisierungsprozessen von Wissen als dem *Aufbau* von Wissen durch Erfahrung zuordnen.

Der hier durchgeführte Vergleich zeigt, dass sich die Realitätskomponenten des Störungskorrektur-Handlungsprozesses den Struktur- und Prozesseinheiten des Handlungsgrundmodells und seinen potenziellen Erweiterungen ohne Schwierigkeiten zuordnen lassen. Das Handlungsgrundmodell kann demzufolge als Basis für die weitere, wissenschaftsfundierte Betrachtung von Störungskorrekturhandlungen herangezogen werden.

5.4.1.5 Einfluss der Eigenschaften von Behavior Settings auf die Elemente des individuellen Prozesses speziell der Störungskorrekturhandlungen

In Abschnitt 5.4.1.3 auf Seite 220 wurde die Frage des konzeptuellen Anschlusses des Individualhandelns an das Handlungsgeschehen eines Behavior Settings aufgeworfen. Da aus der Individualperspektive „Behavior Settings als handlungsdeterminierendes Primärsystem“ und als „ein komplexitätsreduzierender Orientierungskontext“ angesehen werden können ([Kaminski 1983b]), liegt es nahe, die einzelnen Elemente des individuellen Handlungsprozesses vor dem Hintergrund dieser BS-spezifischen Komplexitätsreduktion zu betrachten. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, sollen Betrachtungen dieser Art im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht bis zum Status einer geschlossenen Theorie elaboriert werden, sondern sind stattdessen als potenzielle Stoßrichtungen zukünftiger Betrachtungen gedacht. Entsprechend werden die diesbezüglichen Ideen hier lediglich stichpunktartig und vorläufig aufgeführt.

Die „Kontaktstellen“ des Handlungsgrundmodells zur objektiven Realität des Behavior Settings entstehen dort, wo Daten von außen beschafft werden - entweder durch nicht absichtsvolle Wahrnehmungsprozesse oder durch absichtsvolle Erkundung - und zusätzlich dort, wo das Handeln des Individuums zu einer realen Umformung seiner Umgebung führt. Beide Anknüpfungspunkte sind für die Betrachtung relevant.

Die Datenbeschaffung kann durch das Behavior Setting auf typische Art reguliert werden. Dieser Aspekt wurde bereits in Abschnitt 5.3.2.2.4 auf Seite 215 unter dem beispielhaften Verweis auf Settings wie ein „OP-Geschehen“ oder „Kontrolltower-Geschehen“ angeführt: BS-Programme können unterschiedlich *salient* für Wahrnehmungsprozesse sein, die keinen unmittelbaren Zusammenhang mit der aktuellen Tätigkeit des Individuums haben, da sie die Aufmerksamkeit des BS-Teilnehmers in unterschiedlichem Maße fordern. Da die *Aufmerksamkeitskapazität* eines Handelnden begrenzt ist, führt eine hohe Anforderung an einer Stelle zu einer starken Reduktion der Kapazität, sodass an anderer Stelle ein entsprechender Aufmerksamkeitsmangel entsteht. Z.B. kann das Lesen einer spannenden Lektüren den Leser „alles andere“ um ihn herum vergessen lassen. Neben der Aufmerksamkeitskapazität ist auch die *Regulationskapazität* des Individuums limitiert, sodass ein Individuum nicht zu beliebigem Mehrfachhandeln fähig ist. Wird die Regulationskapazität bereits durch die Ausführung des BS-Programms erheblich ausgelastet, so bleibt weniger Kapazität für die Regulation von Störungskorrekturhandlungen. Hiervon ist insbesondere der Aufbau des Handlungsraumkonzepts der Orientierungsphase betroffen, speziell die aktive Datenbeschaffung und die inferenziellen Prozesse.

Die individuellen Wahrnehmungsprozesse können außerdem durch *Adaptationsvorgänge* BS-typisch verändert werden. Da die Umgebungsbedingungen zu den charakterisierenden Merkmalen eines Behavior Settings zählen (siehe z.B. Abschnitt 5.3.2.1.3 auf Seite 210) sind auch entsprechend typische, physische Adaptationsvorgänge bei den BS-Teilnehmern zu erwarten (siehe Abschnitt 4.3.7.3.2 auf Seite 125 der Realitätsanalyse).

Aus der physischen Veränderung durch Adaptation folgt eine veränderte Wahrnehmung und Bewertung der Umgebungsbedingungen (siehe z.B. Abschnitt 4.3.6.11.3.C auf Seite 118 der Realitätsanalyse). Ähnliche Überlegungen gelten für die *Gewöhnung* eines Individuums an die Umgebungsbedingungen eines BS mit entsprechenden Folgen für die Wahrnehmung und ebenfalls für die Bewertung (siehe z.B. Abschnitt 4.3.7.5.2 auf Seite 130 der Realitätserzählung).

Einen wesentlichen Einfluss dürften Behavior Settings auf den Aufbau des Handlungsraumkonzeptes ausüben, speziell in Bezug auf die möglichen und zulässigen Operationen und die zulässigen Zielzustände. Behavior Settings können z.B. die möglichen Operationen eines handelnden Individuums auf typische Weise begrenzen (siehe auch 4.3.12.1.1.B auf Seite 180 der Realitätsanalyse). Beispiele dafür ergeben sich aus den Eigenschaften des BS, es seien genannt: die individuellen Möglichkeiten, das BS zu verlassen, bestimmte Kleidung zu tragen oder sich der Kleidung zu entledigen, kompetenzbezogene, operationale Beschränkungen (z.B. aufgrund mangelnder motorischer Kompetenzen oder aufgrund unzureichender Autoritätsstellung innerhalb des BS). Handlungsauslösende, veränderungswürdige Ausgangszustände sind ebenfalls typisch für Behavior Settings, insbesondere mit Bezug auf Funktionserhaltungsziele von Störungskorrekturaktivitäten (z.B. Blendung auf dem Monitor).

Da das Gebäude als Teil des Milieus ebenfalls zu den charakterisierenden Eigenschaften von Behavior Settings zählt, kann auch der Aufwand für die Operation, also die Bedienung der regulativen Ausstattungselemente, auf BS-typische Art variieren: Beispielsweise hängt der Weg zur Fassade von der Aufenthaltsposition des Individuums ab, die wiederum auf typische Art und Weise von den Raumtypen abhängt (z.B. „Großraumbüro-Geschehen“ im Vergleich mit einem „Einzelbüro-Geschehen“). Zu den Eigenschaften eines Behavior Settings kann z.B. auch zählen, dass Ausstattungselemente motorisch betrieben und durch Taster angesteuert werden. Auch dies hat offenbar Einfluss auf den Aufwand für die erforderlichen Operationen im Handlungsraumkonzept. Werden die typische Population - Altersstruktur mit entsprechend typischer motorischer Kompetenz - und die typischen aufwandsrelevanten Eigenschaften des Gebäudes gemeinsam betrachtet, so folgt daraus, dass auch die Handhabbarkeit BS-typische Ausprägungen annehmen kann (siehe z.B. Abschnitt 4.3.8.3.2 auf Seite 135 der Realitätserzählung).

Die aufgeführten Beispiele verweisen auf unterschiedlichste Wege, auf denen Behavior Settings das Handeln des Individuums durch Einschränkung und Lenkung beeinflussen können. In Abschnitt 5.4.1.3 auf Seite 220 wurde außerdem darauf hingewiesen, dass aus Kapazitätsgründen nicht das gesamte Handlungsgeschehen eines Behavior Settings handlungstheoretisch abgebildet werden kann und somit ein konzeptueller Übergang zwischen der Geschehensbetrachtung einerseits und der Handlungsbetrachtung andererseits geschaffen werden muss. Eine systematische Analyse der Einflüsse, die Behavior Settings auf die einzelnen handlungstheoretischen Komponenten und Prozesse des individuellen Störungskorrekturhandelns ausüben, ist dabei offenbar ein gangbarer und vielversprechender Weg. Die Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die Komponenten des theoretischen Handlungsgrundmodells entsprechend differenziert betrachtet werden. Da sich hinter jedem der Begriffe des Handlungsgrundmodells jedoch sehr komplexe psychologische Prozesse verbergen und für jeden dieser Prozesse eine unüberschaubare Menge von Fachliteratur existiert, kann ein Anspruch auf Vollständigkeit dieser Betrachtung nicht ansatzweise eingelöst werden. Dennoch sollen in den folgenden Abschnitten die wesentlichsten wissenschaftlichen Grundlagen auf der Basis des Handlungsgrundmodells und auf der Basis der Ergebnisse der Realitätsanalyse dargestellt und erläutert werden. Die Reihenfolge der Darstellung orientiert sich dabei an der Abfolge des Handlungsprozesses.

5.4.2 Bewusstsein und Aufmerksamkeit

Die Darstellung des Handlungsprozesses in Abbildung 47 auf Seite 176 beginnt mit der Wahrnehmung und Bewertung verschiedener Umweltaspekte durch das Individuum. Auch im Handlungsgrundmodell steht die Wahrnehmung von Daten aus der Umwelt des Individuums am Beginn der Orientierungsphase. Die Wahrnehmung erfordert jedoch eine entsprechende *Hinwendung*. Dieser Zusammenhang soll hier unter der Überschrift „Bewusstsein und Aufmerksamkeit“ betrachtet werden. Dieser Abschnitt basiert weitestgehend auf den Erläuterungen von [Solso 2005], [Reed 2007] und [Betsch et al. 2011].

In der Mehrzahl der in Abschnitt 2 auf Seite 13 referierten Modelle zur Prognose des Nutzerverhaltens spielt die Behaglichkeitssituation des Nutzers eine zentrale Rolle. In der Regel wird dabei versucht, Umgebungsgrößen mit interaktivem Verhalten statistisch zu korrelieren, wobei das Interaktionsverhalten dabei mit der Wahrnehmung unbehaglicher Bedingungen durch das Individuum begründet wird. Es drängt sich dabei jedoch die Frage auf, ob die „Unbehaglichkeit“ überhaupt immer im gleichen Maß und unmittelbar durch das Individuum zur Kenntnis genommen wird oder ob diese Kenntnisnahme z.B. nicht auch von der momentanen Tätigkeit abhängt. Dieser Aspekt wurde bereits im vorhergehenden Kapitel aufgeworfen und zwar mit der Annahme, dass Behavior Setting Programme unterschiedlich salient für Wahrnehmungsprozesse sind, die keinen unmittelbaren Zusammenhang mit der aktuellen Tätigkeit des Individuums aufweisen. Wie *salient*, d.h. wie zugänglich, ist die Information für das Individuum, dass momentan unbehagliche Bedingungen vorliegen? Es ist eben nicht plausibel, davon auszugehen, dass der mentale Fokus des Individuums permanent auf seinem Behaglichkeitszustand ruht. Stattdessen liegt die Annahme viel näher, dass dieser Fokus auf seiner momentanen Tätigkeit liegt und nur unter bestimmten Umständen den Fokus wechselt. Diese plausible Annahme - die natürlich nicht nur vor dem Hintergrund der „Behaglichkeit“ Gültigkeit beansprucht - wird nachfolgend begründet.

Als *Wahrnehmungsspanne* wird diejenige Informationsmenge bezeichnet, die durch ein Individuum innerhalb kurzer Zeit aufgenommen werden kann (z.B. die Menge der kurzzeitig präsentierten Zahlen oder Buchstaben, die man sich merken kann). Bestimmt wird diese Informationsmenge durch die sensorischen Speicher. Diese stehen am Beginn einer Kette, die bildlich den Fluss der Informationsaufnahme und -verarbeitung in verschiedenen Aufmerksamkeitsmodellen darstellt (auf diese Modelle wird weiter unten noch eingegangen). Gut erforscht sind nach [Solso 2005] insbesondere der *ikonische Speicher* des visuellen Systems und der *Echospeicher* des auditiven Systems. Speicher für andere Sinnesempfindungen werden vermutet, sind jedoch offenbar bisher nicht wissenschaftlich beschrieben worden. Diese sensorischen Speicher nehmen Informationen ungefiltert auf, behalten sie jedoch nur für einen kurzen Zeitraum (ikonischer Speicher ca. 250 ms, Echospeicher ca. 4 s). Der Sinn dieser Speicher besteht darin, dem Organismus die Zeit zu bieten, relevante Informationen aus dem Speicher für die weitere Verarbeitung zu extrahieren und unwichtige Informationen zu verwerfen.

Die Notwendigkeit für diese Selektion ergibt sich aus der begrenzten Kapazität des informationsverarbeitenden Systems. *Kapazitätstheorien* gehen davon aus, dass im Verlauf der informationsverarbeitenden Kette Engpässe bestehen, die es nicht zulassen, die Gesamtheit der einströmenden Reize parallel zu verarbeiten (an welchen Stellen diese Engpässe vermutet werden spielt für diese Arbeit keine erhebliche Rolle). Diese Vorstellung ist offenbar mit der alltäglichen Erfahrung konform. Das dadurch entstehende Problem der Reizüberflutung wird üblicherweise durch eine *selektive Aufmerksamkeit* gelöst. Nach [Solso 2005] ist Aufmerksamkeit die „Konzentration der mentalen Anstrengung auf sensorische und mentale Ereignisse“. Fokussierung und somit Selektion ermöglichen so die Konzentration auf einige wenige Hinweisreize, während andere Hinweisreize ausgeblendet werden. Wahrnehmung ist also immer selektiv, da weniger wichtig eingestufte Inputs vernachlässigt werden, während wichtigere Inputs den Fokus erhalten.

Zusammengefasst identifiziert [Solso 2005] insgesamt fünf Aspekte der Aufmerksamkeit:

- *Verarbeitungskapazität und Selektivität: Die Aufmerksamkeit wird auf ausgewählte Hinweisreize konzentriert, d.h. nicht auf alle.*
- *Steuerung: Aufmerksamkeit lässt sich bedingt ausrichten, ist also bedingt durch das Individuum steuerbar.*

- *Automatische Verarbeitung*: Eingübte und vertraute Tätigkeiten erfordern wenig Aufmerksamkeit, da sie routiniert ausgeführt werden können.
- *Neurokognition*: Die Aufmerksamkeit wird durch das zentrale Nervensystem (Gehirn und Rückenmark) gestützt.
- *Bewusstsein*: Die Aufmerksamkeit bringt den Gegenstand der Aufmerksamkeit in den Fokus des Bewusstseins des Individuums.

Die sogenannte *Kanalkapazität* wurde experimentell untersucht. Den Untersuchungsgegenstand bildete dabei häufig das getrennte Hören auf dem linken und dem rechten Ohr. Dabei wurden Versuchspersonen in frühen Versuchen durch Broadbent (zitiert z.B. bei [Solso 2005] und [Reed 2007]) nacheinander Zahlenpaare - eine Zahl auf dem einen, die andere Zahl simultan auf dem anderen Ohr - präsentiert, welche die Versuchspersonen sich merken und wiederholen sollten. Es zeigte sich, dass es den Versuchspersonen leichter fiel, zunächst die Informationen des einen Kanals (die über das eine Ohr aufgenommenen Informationen) und anschließend die Informationen des anderen Kanals wiederzugeben. Schwieriger und weit erfolgloser war es für die Versuchspersonen, die Zahlen in der Reihenfolge des zeitlichen Auftretens wiederzugeben. Man folgerte daraus, dass es einen *erhöhten Aufwand* bedeutet, die Aufmerksamkeit zwischen den Kanälen wechseln zu lassen, wobei man davon ausging, dass der eine Kanal zugunsten des anderen Kanals immer vollständig „abgeschaltet“ wird. Beim kanalweisen Abrufen würden die Zahlen des nachgeordneten Kanals im Echospeicher gespeichert und könnten nach den Zahlen des primär beachteten Kanals abgerufen werden, sodass der Fokuswechsel nur einmal erforderlich wäre.

Die grundlegende Annahme dieser Sichtweise, dass Kanäle zugunsten anderer Kanäle vollständig abgeschaltet werden, entspricht jedoch nicht der täglichen Erfahrung. Man spricht vom „Cocktailparty-Phänomen“ ([Solso 2005]) und beschreibt damit die Erfahrung, dass man trotz eines anregenden Gesprächs, das man auf einer Party führt, gelegentlich Wortfetzen oder Schlagwörter anderer Gespräche aufnehmen kann. Anne Treisman (ebenfalls sowohl bei [Solso 2005] und [Reed 2007] zitiert, siehe auch [Treisman 1960]) hat dieses Phänomen untersucht und daraus das Modell der *Abschwächung* entwickelt. Ihr zufolge wird der nicht beachtete Kanal nicht vollständig abgeschaltet, sondern lediglich gedämpft. Kernpunkt ihrer Argumentation ist, dass Informationen (z.B. Zahlen, Wörter, usw.) unterschiedliche *Aktivierungsschwellen* aufweisen, d.h. sie werden unterschiedlich einfach als das erkannt, was sie sind. Wird ein Kanal gedämpft, da er nicht den Aufmerksamkeitsfokus erhält, geht ein Großteil der Informationen dieses Kanals in einem Informationsrauschen unter. Manche Informationen haben jedoch eine so geringe Aktivierungsschwelle, dass sie dennoch erkannt werden können. Dies gilt z.B. für *kontextuell passende* oder wichtige, geläufige Informationen, die aufgrund ihrer kontextuellen Passung einfacher aktiviert werden können. Die Informationsmenge, die durch den unbeachteten Kanal dringt, kann in solchen Fällen also ausreichen, um punktuell die Aufmerksamkeit zu erregen.

Diese Untersuchungen weisen darauf hin, dass auch die Wahrnehmung z.B. der thermischen Behaglichkeitsbedingungen davon abhängt, wie stark der Aufmerksamkeitsfokus auf Anderem liegt und wie stark der entsprechende „Behaglichkeitskanal“ dadurch gedämpft wird. Ist die Dämpfung stark - bedingt durch eine starke Konzentration auf z.B. die Arbeitstätigkeit - bedarf es eines höheren Energieflusses zu den Sensoren, um die Aufmerksamkeit umzulenken. Je wichtiger die Information des gedämpften Kanals jedoch ist - z.B. gemessen an der Ausführung einer Tätigkeit - umso geringer ist deren Aktivierungsschwelle und umso leichter erhält dieser Reiz den Fokus (z.B. Lärm, der die Konzentration auf die Arbeitsaufgabe erschwert).

Die hier aufgeführten Aspekte sind vor allem deshalb relevant, da der Prozess der Wahrnehmung bestimmt, auf welchen Informationsgrundlagen Urteile und Entscheidungen getroffen werden. Nur diejenigen Informationen, die eben auch aufgenommen werden, können zu diesen Urteilen beitragen. *Saliente* Reize erhalten bei diesem Prozess eine stärkere Gewichtung als nicht saliente Reize ([Beetsch et al. 2011]). Diese Salienz wird im Allgemeinen durch die *Distinktheit*, die *Intensität*, die *Neuigkeit* und *Lebhaftigkeit* des Reizes, jeweils in Bezug auf den aktuellen Kontext, bestimmt. In Abschnitt 2 wurden u.A. die Studien von Hunt ([Hunt 1979], [Hunt 1980]) zur Nutzung des Kunstlichts in Büros und in Unterrichtsräumen dargestellt, deren

bemerkenswertes Ergebnis es war, dass das Kunstlicht zwar in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke eingeschaltet, jedoch bei ausreichender Beleuchtungsstärke nicht wieder ausgeschaltet wurde. Lediglich beim Verlassen des Raums - im Falle des Büros i.d.R. abends, im Falle der Schulklassen zum Unterrichtswechsel - wurde der Ausschalter betätigt. Eine schlüssige Erklärung dafür liefert das Konzept der Salienz: Erhöht sich die Raumbeleuchtungsstärke durch den Eintrag von Tageslicht, so ist der Reiz des Kunstlichtes häufig nicht mehr salient genug, um wahrgenommen zu werden. Kommt noch die Beschäftigung mit Anderem dazu (Büroarbeit, Unterricht), ist also der Aufmerksamkeitsfokus anderweitig ausgerichtet, so bleibt der Reiz des Kunstlichts häufig unterschwellig. Erst das Verlassen des Raums, bei dem der Aufmerksamkeitsfokus häufig auf die Zustände des Raums und seiner Ausstattungselemente gelenkt wird (Fenster zu?, Licht aus?, Heizung aus?), führt zur Wahrnehmung des eingeschalteten Kunstlichts.

In Abschnitt 4.3.5.5.4 auf Seite 103 wurde unter Fußnote 11 auf ein Phänomen verwiesen, dass ebenfalls unter dem Aspekt der Aufmerksamkeit betrachtet werden kann. Dabei ging es um die Feststellung, dass verschiedene Emissionseigenschaften von Materialien nicht explizit in der Realitätsbeschreibung auftauchten. Hier wurde die Vermutung geäußert, dass Emissionseigenschaften eben nur dann durch das Individuum registriert werden, wenn ihre Folgen „unüblich“ sind. Die Umschreibung „unüblich“ lässt sich aus der Perspektive der Aufmerksamkeitstheorie mit den zuvor aufgeführten Bestimmungseigenschaften der Salienz, z.B. der „Neuigkeit“ des Reizes, in Übereinstimmung bringen.

Auch wenn die ursprüngliche Theorie Broadbents, dass Kanäle abgeschaltet werden, später durch Treismanns Abschwächungsmodell modifiziert wurde, liegt die Vermutung nahe, dass der Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus dennoch mit einem Aufwand für das Individuum verbunden ist. Am Anfang des Handlungsprozesses einer Störungskorrekturaktivität steht also ein mentaler Aufwand, der dazu dient, den Aufmerksamkeitsfokus auf die Störung auszurichten. Dies ist in Übereinstimmung mit dem mentalen Übergangsaufwand, der im Rahmen der Realitätsanalyse für Übergangsaktivitäten definiert wurde (Abschnitt 4.3.10.2.2.B auf Seite 156). Dieser umfasste darüber hinaus weitere mentale Aspekte, wie z.B. den Aufwand für das Abspeichern mentaler Pläne für das Fortfahren im Anschluss an die Störungskorrekturhandlung, aber auch physische Aspekte, wie z.B. das Ablegen des gerade verwendeten Werkzeugs.

5.4.3 Handlungseinleitende Wahrnehmung und Bewertung

Erhält ein Reiz die Aufmerksamkeit durch das Individuum, so kommt es gemäß Abbildung 47 auf Seite 176 zur Wahrnehmung und Bewertung dieses Reizes. Dieser Prozess spielt ebenfalls im Handlungsgrundmodell im Rahmen der Datenaufnahme eine zentrale Rolle. In dem nun folgenden Abschnitt werden also Theorien zur Empfindung, Wahrnehmung und Bewertung von Reizen zusammengefasst dargestellt. Eine strikte Auftrennung in Empfindung und Wahrnehmung einerseits und Bewertung andererseits erscheint hier nicht sinnvoll, da die Zusammenhänge sehr eng sind und die theoretische Abgrenzung in den verschiedenen Theorien häufig nicht eindeutig ist. An vielen Stellen treten Überschneidungen und Vermischungen auf, sodass eine zusammengefasste Darstellung zu einem besseren Gesamtverständnis führt. Dennoch sind die verschiedenen Herangehensweisen häufig sehr unterschiedlich und stammen zudem teilweise aus unterschiedlichen Teildisziplinen der Psychologie. Daraus ergibt sich, dass die nun folgende Darstellung mit Blick auf die verschiedenen psychologischen Paradigmen in Unterabschnitte unterteilt ist. Dessen ungeachtet existiert eine umfangreiche, gemeinsame Basis, die einleitend aufgegriffen und erläutert werden soll.

5.4.3.1 Unterscheidung von Empfindung und Wahrnehmung

Zunächst muss geklärt werden, was unter den Begriffen Empfindung und Wahrnehmung in der Psychologie zu verstehen ist. [Guski & Blöbaum 2008] zitieren z.B. einerseits J.J. Gibson mit der Definition, dass Wahrnehmung das „Suchen und Extrahieren von Informationen über die Umwelt aus dem Fluss der umgebenden Energie“ darstellt, andererseits Schiff, der Wahrnehmung als „Gewahrwerden der Welt, ihrer Merkmale, Objekte, Orte und Ereignisse“ versteht. Nach [Solso 2005] lässt sich der Prozess der Wahrnehmung üblicherweise in mehrere Schritte unterteilen. Dabei wird die Reizenergie („Stimulus“) bestimmter *Intensität* eines ausreichend salienten Reizes durch die Sensorik des menschlichen Körpers aufgenommen, in neuronale Energie umgewandelt (Transduktion) und anschließend durch das zentrale Nervensystem verarbeitet. Dabei wird häufig zwischen „Empfindung“ und „Wahrnehmung“ unterschieden, wobei der „Empfindung“ der anfängliche Prozess der Energieaufnahme aus der Umwelt zugeordnet wird, während „Wahrnehmung“ die kognitive Erstverarbeitung dieser Energie darstellt. Wahrnehmung unterscheidet sich demzufolge also von der Empfindung im Wesentlichen dadurch, dass eine Interpretation der Informationen z.B. durch Informationsergänzung aus der Erfahrung oder durch Verflechtung mit Kontextinformationen erfolgt ([Solso 2005], „höhere Kognition“).

[Guski & Blöbaum 2008] sehen für diese Aufteilung jedoch keine empirischen Belege und ordnen beide Inhalte dem Gesamtbegriff der Wahrnehmung zu. Diese Zusammenlegung ist jedoch u.U. der von Guski (und der Umweltpsychologie) bevorzugten Definition geschuldet, die starken Bezug auf den Orientierungszweck des Wahrnehmungsprozesses nimmt. Wahrnehmung wird dabei stets als Mittel zur Orientierung verstanden, welche die grundlegende Voraussetzung für zielgerichtetes, „sinnvolles“ Handeln darstellt. Dies setzt das Vorhandensein kognitiver Prozesse voraus und berücksichtigt dabei affektive Aspekte nur insofern, als dass sie einer konkreten Orientierung dienen (z.B. das Empfinden von Angst oder Ekel). [Schönhammer 2009] verweist in diesem Zusammenhang jedoch auf „die Lust am Licht“, die „offenbar unabhängig von gegenständlichem Wahrnehmen“ ist oder auf den Zusammenhang zwischen Gerüchen und Affekten, dessen Bedeutung sich an dem üblichen Differenzierungskriterium für Gerüche, nämlich deren hedonischer Wirkung, ermesen lässt. Diese Aspekte weisen darauf hin, dass Umgebungsbedingungen nicht ausschließlich der Orientierung, sondern eben auch einem Lustgewinn dienen und somit eine Differenzierung von Empfindung (ohne höhere kognitive Elemente) und Wahrnehmung (inklusive höherer kognitiver Elemente) berechtigt ist.

5.4.3.2 Unterscheidung von Wahrnehmung durch Betrachtung des zugrunde liegenden Informationsverarbeitungsprozesses

Reize aus der Umwelt werden traditionell als unvollständig, mangelhaft oder mager angesehen. Sie stellen insofern lediglich Hinweisreize („cues“) dar, die kognitiv ergänzt werden müssen - z.B. durch Wissen - um zu einer mehr oder weniger verlässlichen Urteilsgrundlage zu werden. Aus diesem Gedanken entstand die Idee des Probabilismus. Diese sagt aus, dass Hinweisreize lediglich eine wahrscheinliche, jedoch keine absolute Validi-

tät besitzen und der Mensch daher verschiedene Hinweisreize mit möglichst hoher, wahrscheinlicher Validität benötigt, um zu einer verlässigen Bedeutungsbestimmung gelangen zu können. Diese traditionelle Auffassung lässt sich als Theorie der *konstruktiven Wahrnehmung* beschreiben, da sie die Informationen des sensorischen Systems durch Informationen aus dem Wissen ergänzt, um daraus ein handlungsrelevantes Gesamtbild zu konstruieren.

Bei der Theorie der *direkten Wahrnehmung* hingegen kommt den sensorischen Informationen ein höherer Bedeutungsanteil zu. Sie geht auf [Gibson 1979] zurück und nimmt an, dass die Informationsmenge des Reizes eben nicht mager, sondern im Gegenteil auskömmlich und bedeutungsvoll ist und für die Wahrnehmung daher innere Prozesse nur minimal erforderlich sind. Obwohl sich die Konzepte der konstruktiven und der direkten Wahrnehmung zunächst gegenseitig auszuschließen scheinen, sind sie gemäß [Solso 2005] lediglich zeitlich getrennte Anteile eines gesamten Wahrnehmungsprozesses. Im Zuge der „Affordanz“-Theorie wird in Abschnitt 5.4.4.3.1 auf Seite 303 auf die Theorie der direkten Wahrnehmung näher eingegangen.

5.4.3.3 Unterscheidung von Wahrnehmung durch Betrachtung der verschiedenen sensorischen Systeme

Man unterscheidet Sinneswahrnehmungen hinsichtlich ihrer *Modalität*. Diese wird im Wesentlichen durch das beanspruchte Sinnesorgan bzw. die beanspruchten Rezeptoren bestimmt. Man kann unterscheiden zwischen den Modalitäten:

- *taktile Wahrnehmung: Mechanorezeptoren und Thermorezeptoren der Haut*
- *haptische Wahrnehmung: Mechanorezeptoren in der Skelettmuskulatur, Sehnen und Gelenke*
- *Gleichgewichtssinn: vestibuläres Organ*
- *olfaktorische Wahrnehmung, Chemorezeptoren in der Nase*
- *gustatorische Wahrnehmung, Chemorezeptoren im Gaumen*
- *visuelle Wahrnehmung: Fotorezeptoren in den Augen*
- *auditive Wahrnehmung: Mechanorezeptoren im Gehör*

In dieser Arbeit spielen die gustatorische und die haptische Wahrnehmung, sowie der Gleichgewichtssinn lediglich eine untergeordnete Rolle. In den weiteren Ausführungen der folgenden Unterkapitel wird daher darauf kein spezifischer Bezug genommen.

Eine weitere, im Kontext dieser Arbeit sicherlich sinnvolle Unterscheidung ergibt sich aus dem Ort der Rezeptoren: Von *Interozeptoren* spricht man bei Rezeptoren, die in der Tiefe liegen und somit die Innenwahrnehmung ermöglichen. Die Außenwahrnehmung hingegen wird durch die *Exterozeptoren* ermöglicht, die an der Peripherie des Körpers angeordnet sind ([Treede 2010]). Die Notwendigkeit dieser Differenzierung ergibt sich aus den Unterscheidungen, die in der Realitätserzählung mit Bezug auf die Bedürfnisse und deren Wahrnehmung vorgenommen wurden. Dabei wurde zwischen z.B. Hunger oder Harndrang als Wahrnehmung innerer Prozesse und z.B. Licht und Lärm als äußere Reize unterschieden.

5.4.3.4 Unterscheidung zwischen der Wahrnehmung des Zustands und der Wahrnehmung der Operationenmöglichkeiten

In den folgenden Unterabschnitten werden nun verschiedene Theorien zur Wahrnehmung und Bewertung der Umwelt durch das Individuum dargestellt. Dabei wird eine wichtige Unterscheidung berücksichtigt, die sich aus dem Prozess der Störungskorrekturhandlung auf der Basis der Realitätserzählung ergibt: Gemäß Abbildung 47 auf Seite 176 wurden an zwei Stellen der Handlungsabfolge Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse identifiziert: Zu Beginn als Vorbereitung und Grundlage der Zieldefinition (ZD) und zusätzlich im Rahmen der Entwicklung des Handlungsplans (HP). Es liegt nahe und ergibt sich bei genauerem Hinsehen auch aus der Real-

tätsanalyse, dass an diesen zwei Stellen jeweils unterschiedliche Aspekte der Umwelt wahrgenommen werden. Zunächst jene Aspekte, die den aktuellen (oder antizipierten) *Zustand* darstellen und als *Ausgangslage* dafür dienen, einen erstrebenswerten *Zielzustand* vor dem Hintergrund der Bedürfnisse zu formulieren. Dann, im Rahmen der Handlungsplanung, jene Aspekte, welche die relevanten Informationen über die möglichen *Operationen* liefern, die dem Erreichen dieses Zielzustands dienen.

Diese Zweiteilung wird aufgegriffen, indem hier zunächst jene Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse analysiert werden, die dem Individuum Informationen über den Gefährdungszustand seiner *Bedürfnisse* liefern. Die Identifikation all dieser Bedürfnisse erfolgte im Rahmen der Realitätsanalyse stets durch die Betrachtung des Kategorialbereichs „Individuum“ bzw. seiner Interrelationen mit den Kategorialbereichen „Umgebungsbedingungen“ und/ oder „Gebäude“. Diese Bedürfnisse und ihre Zuordnung zu den interrelativen Beziehungen des Kategorialbereichs „Individuum“ sollen hier zur Erinnerung noch einmal aufgelistet werden. Es zählen dazu das Bedürfnis des Individuums:

- *der Nahrungsaufnahme, zur Miktion/Defäkation und nach angemessener Bekleidung,*
als Bedürfnisse, die sich aus der Betrachtung ausschließlich des Kategorialbereichs „Individuum“ ergaben,
- *nach behaglichen Umgebungsbedingungen und Gesunderhaltung,*
als Bedürfnisse, die sich aus der Betrachtung der interrelativen Beziehung zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“ und „Umgebungsbedingungen“ ergaben,
- *nach Sicherheit und nach Privatheit im Gebäude,*
als Bedürfnisse, die sich aus der Betrachtung der interrelativen Beziehung zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“ und „Gebäude“ ergaben,
- *seiner regulären Tätigkeit nachzugehen, nach Schadenfreiheit des Gebäudes und seiner Anteile und nach Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente,*
als Bedürfnisse, die sich aus der Betrachtung der interrelativen Beziehung zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“, „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ ergaben.

Theorien zu diesen handlungseinleitenden Wahrnehmungs- und Bewertungsprozessen werden gemäß dieser Aufteilungssystematik in den folgenden Abschnitten dargestellt und erläutert. Dabei soll auch hier wieder darauf hingewiesen werden, dass im Rahmen dieser Darstellung kein vollständiges Abbild des aktuellen Forschungsstandes beabsichtigt, sondern nur die Darstellung einer Auswahl möglich ist. Bei dieser Auswahl wurde stets auf die Auswahlkriterien geachtet, die einleitend in Abschnitt 5.2 auf Seite 194 dargestellt wurden, wobei ein Schwerpunkt auf dem Aspekt der mathematischen Operationalisierbarkeit liegt. Wahrnehmungs- und Bewertungstheorien, die bereits eine Berechenbarkeit umfassen oder „berechnungsaffin“ sind, wurden daher mit besonderer Sorgfalt dargestellt. Nicht zuletzt dieser Umstand, jedoch auch die Tatsache, dass die Forschungsdichte in den unterschiedlichen Bereichen stark divergiert, führt dazu, dass der nachfolgende Darstellungsumfang in den unterschiedlichen Bereichen sehr inhomogen ist.

Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse, die Teil der Handlungsplanung sind, werden in Abschnitt 5.4.4 auf Seite 302 dargestellt.

5.4.3.5 Wahrnehmung und Bewertung vor dem Hintergrund der Betrachtung ausschließlich des Kategorialbereichs „Individuum“

In diesem Abschnitt sollen diejenigen Bedürfnisse des Individuums betrachtet werden, die sich nicht durch die Interrelation verschiedener Kategorialbereiche, sondern lediglich unmittelbar aus der Analyse des Kategorialbereichs „Individuum“ ergeben haben. Die Ursachen für diese Bedürfnisse sind also entweder allein in den Eigenschaften des Individuums zu suchen (Bedürfnis nach Nahrungsaufnahme, Miktions- und Defäkationsbedürfnis)

oder in den Eigenschaften des Individuums und zusätzlich in Eigenschaften von Einflussgrößen, die im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet werden. Zu letzterem zählt das Bedürfnis, eine „angemessene Bekleidung“ gemäß der individuellen Präferenzen zu tragen. Diese Präferenzausprägung ist die Folge vielfältiger Prozesse (vermutlich Sozialisierung, Geschmacksbildung u.ä.), die in der Gebäudesimulation nicht abgebildet werden können. Die Vermutung liegt nahe, dass die Vorhersage einer solchen Präferenzausprägung ohnehin nicht auf der Basis bloßer, theoretischer Betrachtungen gelingen kann, sondern dass hierfür empirische Daten im Rahmen von Einzelfallbetrachtungen erforderlich sind. Stellvertretend sei in diesem Zusammenhang noch einmal auf die in Felduntersuchungen von [Humphreys et al. 2008] beobachteten Schülerinnen verwiesen, die auf Kosten ihres Behaglichkeitsbedürfnisses die Winteruniform bis in den frühen Sommer trugen (Abschnitt 4.3.6.11.1.A auf Seite 116). Dieser Aspekt lässt sich also nicht allgemeingültig betrachten, sondern erfordert eine projektspezifische Berücksichtigung auf der Basis von Beobachtungsdaten.

Die anderen hier aufgeführten Bedürfnisse (Nahrungsaufnahme, Miktion/Defäkation) werden als typische Individualzielhandlungen aufgefasst. Diese Zuordnung zum Typus der Individualzielhandlungen erfolgt gemäß den Ausführungen in Abschnitt 5.3.2.2.2 auf Seite 212. Als wesentliche Eigenschaft dieser Handlungen wurde dort die individuumseigene Dynamik und die Unabhängigkeit vom äußeren Geschehensablauf angeführt. Diese Individualzielaktivitäten sollen insbesondere deshalb konzeptualisiert werden, weil das Individuum dafür das primär betrachtete (simulierte) Behavior Setting (hier im Wesentlichen das „Büro-Geschehen“) verlassen muss und dadurch *initiierende* und *terminierende* Störungskorrekturhandlungen ausgelöst werden können. Da für diesen Typen der Störungskorrekturhandlung vorrangig das Verlassen und die Rückkehr des Individuums eine Rolle spielt - nicht jedoch die Details der Individualzielhandlung selber - ist eine strikt handlungstheoretische Betrachtung dieser Individualzielhandlungen nicht erforderlich. Wichtig sind lediglich die Auftretenszeitpunkte und -dauern.

Die Regelmäßigkeit des Bedürfnisses nach Nahrungsaufnahme und des Miktions- und Defäkationsbedürfnisses lassen sich nicht mit den Mitteln der kognitiven Psychologie darstellen. Hierfür ist stattdessen der Rückgriff auf Erkenntnisse der Physiologie bzw. der physiologischen Psychologie erforderlich. Die physiologischen Ursachen für die Entstehung dieser Bedürfnisse und der Bezug, der sich dabei konkret für das hier betrachtete Problemfeld ergibt, sollen also - ohne auf hormonelle und neuronale Funktionsweisen detailliert einzugehen - in ihren Grundzusammenhängen nachfolgend dargestellt werden.

Der menschliche Körper umfasst große Mengen Wasser, die sich primär auf drei Kompartimente aufteilen: die intrazelluläre Flüssigkeit, die sich in den Körperzellen befindet, die interstitielle Flüssigkeit, die sich zwischen den Zellen befindet und die intravaskuläre Flüssigkeit des Blutes (Blutplasma). Der Flüssigkeitshaushalt muss genau kontrolliert werden, damit die Funktionsweise der einzelnen Kompartimente erhalten bleibt. Zwischen den einzelnen Wasserreservoirs kann Flüssigkeit auf der Basis von Osmoseprozessen ausgetauscht werden. Diese Prozesse setzen ein, sobald die Feststoffkonzentrationen - insbesondere die Natriumkonzentration - zwischen den einzelnen Reservoirs voneinander abweichen und es dadurch zu einem Konzentrationsgefälle kommt. Im Falle der *Hypertonie*, also einer überhöhten Salzkonzentration im Vergleich mit den umgebenden Kompartimenten, wird der Umgebung also Wasser bis zum Konzentrationsausgleich (*Isotonie*) entzogen. Im Falle einer *Hypotonie* nimmt hingegen die Umgebung Wasser auf ([Carlson 2004]).

Es werden zwei unterschiedliche Formen des Durstes unterschieden: *Osmometrischer Durst* entsteht, wenn die Salzkonzentration der interstitiellen Flüssigkeit erhöht ist und dadurch den Zellen intrazelluläre Flüssigkeit entzogen wird. Dieser Anstieg der interstitiellen Salzkonzentration kann durch zwei Mechanismen entstehen: Entweder durch den Wasserverlust des Körpers über seine Oberflächen, bei dem primär Wasser, jedoch weniger Salze verloren gehen (Verdunstungsprozesse, wie die *Dampfdiffusion* über die Haut oder die *Atmung*, aber auch der Verlust von *Schweiß*). Oder durch die *Aufnahme von Natrium* über den Magen was zu einer Anreicherung von Salzen des Blutplasmas führt, was wiederum zu einem Wasserentzug der interstitiellen Flüssigkeit durch Osmose und damit eine dort erhöhte Salzkonzentration zur Folge hat. *Volumetrischer Durst* folgt im Gegensatz dazu aus einer Volumenabnahme des Blutplasmas. Jede Form von Verdunstung und Schwitzen führt zu diesem Verlust, da die Wasserbilanz des Körpers dadurch gestört wird. Zusätzliche Ursachen sind direkte Wasserverlus-

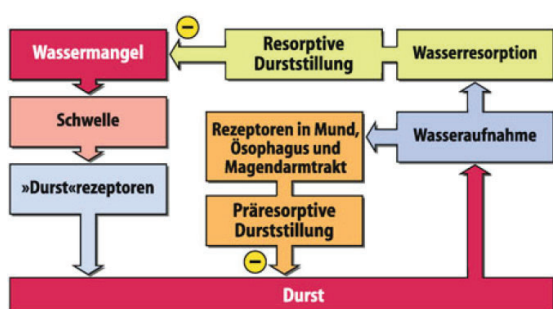


Abbildung 50
Steuerungskreislauf des Trinkverhaltens, Quelle: [Persson 2011b].

te, die keinen unmittelbaren Einfluss auf den intrazellulären Flüssigkeitsgehalt haben, wie z.B. *Blutverluste* oder *Durchfall* ([Carlson 2004]).

Beide Formen des Wasserverlustes werden von darauf spezialisierten Interozeptoren registriert, dem Gehirn signalisiert und lösen entsprechend das aktuelle Bedürfnis nach Flüssigkeitsaufnahme aus. Da jedoch die Resorption des Wassers in den entsprechenden Kompartimenten einige Zeit in Anspruch nimmt und eine dadurch bedingte Überversorgung mit Wasser vermieden werden muss, erfolgt die Durststillung *präresorptiv* durch Rezeptoren im Rachen und im Magen. Dieser Kreislauf ist in Abbildung 50 schematisch dargestellt ([Persson 2011b]).

Die aufgenommene Wassermenge muss die abgegebene Wassermenge im Mittel ausgleichen, da der Körper ansonsten zunehmend austrocknen würde. Die durchschnittliche Wasseraufnahme beträgt ca. 2,6 l/Tag, wobei davon 1,4 l durch Flüssigkeitszufuhr und der Rest über Nahrung bzw. über die Oxidationsprozesse bei der Verwertung der Nahrung aufgenommen werden. Von dieser Menge werden im Durchschnitt täglich 1,5 l über den Urin, 0,2 l über den Stuhl und entsprechend 0,9 l über die oben erwähnten Verdunstungs- und Schweißvorgänge wieder abgegeben ([Persson 2011b]). Unter der Annahme einer Ausscheidung von ca. 300 - 400 ml pro Miktionsvorgang sind dies ca. 4 - 5 Vorgänge pro Tag. Verteilt man diese Anzahl auf eine geschätzte Wachzeit von 15 h so folgt daraus eine *Häufigkeit von etwa einem Gang zur Toilette alle 3 - 4 Stunden*. Dies ist offensichtlich eine untere Abschätzung und interindividuelle Unterschiede werden zu einer relativ breiten Streuung dieses Wertes führen. Allerdings besteht die Absicht dieser Ausführungen auch nicht darin, eine exakte Prognose zu ermöglichen, sondern lediglich darin, eine Größenordnung für die Häufigkeit festzulegen, mit der dieser Typus Individualzielhandlung durchgeführt wird.

Eine andere Betrachtung, die nicht nur das Miktionsbedürfnis, sondern auch die Größenordnung der eingenommenen Flüssigkeit abschätzt, beruht auf der Menge der vom Körper abgegebenen Flüssigkeit und dem Grenz-Wasserverlust, bei dem das Gefühl von Durst aufkommt. [Persson 2011b] gibt an, dass sich ab einem Wasserverlust des Körpers von 2 % osometrischer Durst einstellt. Bei einem Flüssigkeitsanteil des Körpers von ca. 60 - 65 Gewichtsprozent (hier liegen relativ systematische Abhängigkeiten von Alter und Geschlecht vor) entspricht dies bei einem Gewicht von 80 kg in etwa einem Liter. Ist dieser Durst resorptiv gestillt, so stellt sich das nächste Durstgefühl bereits bei einem Flüssigkeitsverlust von ca. 0,5 % des Körperwassers ein. Dies entspricht bei einem Körpergewicht von 80 kg einer Verlustmenge von 400 ml. Unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Wasseraufnahme durch Zufuhr reiner Flüssigkeit in Höhe von 1,4 l und unter der Annahme, dass die präresorptive Durststillung den Wasserhaushalt ausgleicht, führt dies zu insgesamt 3 - 4 Trinkvorgängen pro Tag. Umgerechnet auf eine Wachzeit von 15 h ergibt dies also eine *Häufigkeit von ca. einem Trinkvorgang alle 4 - 5 Stunden* (also etwa zu den Mahlzeiten). Auch dabei kann es sich natürlich nur um eine Abschätzung handeln, die vermutlich an der unteren Grenze liegt.

Dieser Wert erhöht sich drastisch, wenn nicht ein durchschnittlicher, sondern ein durch hohe Temperaturen und/ oder hohe körperliche Aktivitäten erhöhter Wasserverlust vorliegt. [Aschoff et al. 1971] nennen Schweißraten, die von einem Wert von ca. 40 cm³/h in Ruhe bis zu einem Wert von ca. 1000 cm³/h bei erhöhter Umgebungstemperatur und erhöhter metabolischer Rate ansteigen (umgerechnet unter der Annahme einer durchschnittlichen Körperoberfläche von 2 m² nach [Du Bois & Du Bois 1916]). Bei ansteigender Schweißrate ergeben sich entsprechend höhere Trinkraten bzw. Trinkmengen.

Diese Ausführungen zeigen, dass verschiedenste Individualeigenschaften, die in der Taxonomie des Kategorialeereichs „Individuum“ aufgeführt sind (siehe Abbildung 25 auf Seite 122), Einfluss auf das Trink- und Miktionsverhalten haben können. Dazu zählen insbesondere die physische Aktivität (mit direkter Auswirkung

auf den Wasserverlust durch Schweiß) oder auch das Alter und das Geschlecht (mit Auswirkung auf die Körperkomposition). Zusätzliche Auswirkungen sind von den Umgebungstemperaturen des Individuums zu erwarten.²⁵ Eine präzisere Quantifizierung des Trinkverhaltens würde demnach erfordern, die Schweiß- und Verdunstungsraten in Abhängigkeiten dieser Parameter näher zu bestimmen. Hierfür eignen sich physiologische Menschmodelle, die in der Lage sind, die Komposition und die Wärmetransport- und -austauschmechanismen des menschlichen Körpers und die thermoregulatorischen Antworten auf die Veränderung der inneren und äußeren Bedingungen abzubilden. Zu diesen typischen, durch das Nervensystem gesteuerten Wärmeaustauschmechanismen zählen die latente Wärmeabgabe über die Atmung und die Diffusion über die Haut sowie die Kühlung durch die Schweißverdunstung ([Fiala et al. 1999], [Fiala et al. 2001]).

Neben der Zufuhr von Wasser benötigt der Mensch die Zufuhr von Nährstoffen, Vitaminen und Spurenelementen durch die Einnahme von Nahrung. Zur Verwertung der Nahrung verfügt der Mensch über ein kompliziertes Verdauungssystem, welches in unterschiedliche Funktionsbereiche aufgeteilt wird: Zur *Aufnahme* und zum *Weitertransport* der Nahrung dienen der Mund-Rachenraum und die Speiseröhre, *Reservoirfunktion* haben der Magen, die Gallenblase, der Blinddarm und das Rektum. Die *Hauptverdauungsleistung* und *Absorption* der Nährstoffe erfolgt im Dünndarm ([Vaupel 2010]). Die Regulation der Verdauungstätigkeit erfolgt über zahlreiche, komplexe Mechanismen, deren Darstellung im Rahmen dieser Arbeit allerdings nicht erforderlich scheint.

Ausgeschieden werden die nicht verdaulichen Anteile der Nahrung. Die Stuhlmenge beträgt dabei üblicherweise ca. 100 – 150 g pro Tag, kann jedoch erheblich durch die Zusammensetzung der Nahrung beeinflusst werden (Anstieg bis 500 g bei sehr faserstoffreicher Nahrung). Die übliche Defäkationsfrequenz kann zwischen drei Stuhlgängen pro Tag bis drei Stuhlgängen pro Woche schwanken. Bei mehr als drei Entleerungen pro Tag wird bereits von Durchfall gesprochen ([Vaupel 2010]). Eine ähnlich enge Eingrenzung wie beim Miktions- bzw. Trinkverhalten ist auf der Basis dieser Angaben also offenbar nicht möglich. Dies hängt sicherlich auch damit zusammen, dass der Mensch nur vergleichsweise kurze Zeit ohne Flüssigkeit, jedoch einen relativ langen Zeitraum ohne feste Nahrung auskommt.

Lässt man potenzielle Mangelercheinungen, wie z.B. spezifische Vitamin- oder Spurenelementmängel unberücksichtigt, so besteht zwischen dem Bedarf nach Nahrungsmittelaufnahme und dem Energieverlust des Körpers ein qualitativ ähnlicher, bilanzieller Zusammenhang wie zwischen dem Bedarf nach Flüssigkeitsaufnahme und dem Wasserverlust des Körpers. Die Nahrungsaufnahme dient der Aufrechterhaltung der Körperkerntemperatur und der notwendigen Organtätigkeit (Grundumsatz) und muss sich langfristig der körperlichen Aktivität anpassen: [Persson 2011a] nennt als Grundumsatz 76 W bzw. 85 W, als „Freizeitumsatz“ 100 W bzw. 115 W und als Höchstwerte für eine jahrelange, berufliche Tätigkeit 186 W bzw. 240 W im Tagesmittel (jeweils weiblich/ männlich). Sportliche Tätigkeit erhöht den Umsatz beträchtlich (z.B. 1200 W bei Ausdauerleistungen). Der zeitliche Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und erforderlicher Nahrungsaufnahme ist jedoch nicht so eng wie beim Wasserhaushalt, da der Mensch über erheblich größere Energiereserven und eine größere Schwankungstoleranz verfügt. Darüber hinaus spielen natürlich eine Reihe anderer Faktoren eine Rolle, wie z.B. Art der Nahrung und Ernährungsgewohnheiten. Ein unmittelbarer, numerischer Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Nahrungsaufnahme lässt sich allein aus diesen Gründen nicht aufstellen.

[Carlson 2004] weist darauf hin, dass die Regelgrößen, die den Hunger und damit die Nahrungsaufnahme bestimmen, erst langsam wissenschaftlich aufgearbeitet werden. Dies liegt nicht zuletzt an den vielfältigen, über die reine Energieaufnahme hinausgehenden Funktionen der Nahrung (wie z.B. Vitamin- und Spurenelement-

²⁵ Hier lässt sich sicherlich einwenden, dass diese (Teil-)Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen dafür spricht, das Trink- und Miktionsverhalten nicht alleine dem Kategorialbereich „Individuum“, sondern stattdessen den Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“ und „Umgebungsbedingungen“ zuzuordnen. Aus dieser Perspektive könnte der Wunsch entstehen, diese Aktivitäten außerdem nicht den Individualzielaktivitäten, sondern besser den Störungskorrekturaktivitäten zuzuordnen. Allerdings fordert die Definition in Abschnitt 5.3.2.2.2 auf Seite 212 für Individualzielaktivitäten, dass sie *primär* einer individuumseigenen Dynamik folgen und nicht *unmittelbar* vom äußeren Geschehensablauf abhängig sind. Dies trifft auf das Trink- und Miktionsverhalten eindeutig zu. Darüber hinaus wurden bisher sowohl das Trink- und Essverhalten als auch das Miktions- und Defäkationsverhalten jeweils vereinfachend zusammengefasst. Die Zuordnung des Trink- und Miktionsverhalten zu den Störungskorrekturaktivitäten würde in der Konsequenz zu einer unterschiedlichen Zuordnung von Trink- und Essverhalten führen. Dies würde jedoch keine Verbesserung der Systematik, sondern lediglich eine zusätzliche (unnötige) Verkomplizierung der ohnehin komplexen Zusammenhänge darstellen.

aufnahme), die die Regulation der Nahrungsaufnahme erheblich komplizierter machen als die Regulation der Flüssigkeitsaufnahme. Als den bestimmenden Trigger für die Nahrungsaufnahme bezeichnet er überdies soziale Faktoren und Umweltfaktoren. Essen erfolgt häufig aus Gewohnheit zu festgelegten Zeiten, d.h. in der Früh, zur Mittagszeit und am Abend. Offensichtlich überlagern diese sozialen Faktoren die physiologischen Faktoren in erheblichem Maß, sodass die Regulation der Nahrungsaufnahme nicht primär über die *Zeit* der Aufnahme sondern über die *Menge* der Aufnahme erfolgt. Für diese Arbeit wird daraus geschlussfolgert, dass eine Konzeptualisierung des Essverhaltens, die über die Analyse der Einflüsse aus der Behavior Setting Theorie hinausgeht, mit einer - für ein Simulationsmodell erforderlichen - Verallgemeinerung nicht möglich ist.

5.4.3.6 Handlungseinleitende Wahrnehmung und Bewertung vor dem Hintergrund der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“ und „Umgebungsbedingungen“

Als eines der ersten Paradigmen zur Wahrnehmung wird hier die Theorie der *Psychophysik* dargestellt. Das wesentliche Ziel der Psychophysik besteht darin, die Intensität eines Reizes - als messbare energetische oder materielle Umgebungsbedingung - mit der Intensität der Empfindung beim Individuum zu verknüpfen. Sie hat also zum Ziel, quantifizierbare Beziehungen zwischen naturwissenschaftlichen Einwirkungsgrößen und psychologischen Empfindungsgrößen aufzustellen.

Die Notwendigkeit, die Psychophysik als Rahmentheorie in dem hier entwickelten Gesamtmodell zu berücksichtigen, ergibt sich - wie einleitend erläutert - aus den Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“ und „Umgebungsbedingungen“, durch deren Analyse das Bedürfnis des Individuums nach ausreichender Behaglichkeit identifiziert und beschrieben wurde.

Es werden also insbesondere Aspekte behandelt wie:

- *die sensorischen Kompetenzen des Individuums, differenziert nach den verschiedenen Modalitäten, als Basis für die Referenz „mindestens erforderliche Intensität“ (4.3.7.2 auf Seite 124),*
- *die Auswirkungen von Umgebungsbedingungen, differenziert nach Modalitäten, sowohl auf den physischen als auch den mentalen Zustand des Individuums (4.3.7.3 auf Seite 124),*
- *der Zusammenhang zwischen Umgebungsbedingungen, differenziert nach Modalitäten, und dem Bedürfnis nach behaglichen Umgebungsbedingungen, als Basis für die Referenz „gewünschte Intensität“ (4.3.7.4 auf Seite 126).*

Vermutlich sind sich die Psychologie und das Ingenieurwesen in keiner anderen Theorieformulierung so nahe wie in der Psychophysik. Tatsächlich ist es sogar so, dass die Theorie der Psychophysik einen umfangreichen Eingang in die Ingenieurwissenschaften gefunden hat und dort den Ingenieurzwecken entsprechend weiterentwickelt wurde. An dieser Stelle soll nur die [Norm DIN EN ISO 7730 2006] („Ergonomie der thermischen Umgebung“) erwähnt werden, auf die in den folgenden Abschnitten immer wieder unter dem Aspekt der thermischen Behaglichkeit zurückgegriffen wird. Aus diesem Bereich stehen also theoretische Betrachtungen, numerische Modelle und empirische Daten in großem Umfang zur Verfügung. Aufgrund dieser Schnittstellenfunktion und nicht zuletzt wegen der zahlreichen, zur Verfügung stehenden numerischen Modelle, kommt der Psychophysik, sowohl psychologischer als auch ingenieurtechnischer Lesart, eine hohe Bedeutung im Kontext dieser Arbeit zu. Dieser Bereich wird daher in den nachfolgenden Abschnitten entsprechend intensiv dargestellt. Dabei wird - nach Modalitäten getrennt - auf die grundlegenden Forschungsarbeiten, die numerischen Modelle aber auch die potenziellen Mängel Bezug genommen.

5.4.3.6.1 Der Begriff der „Schwelle“

Dem soll jedoch zunächst die Erläuterung einiger grundsätzlicher, in der Psychophysik üblicher Begriffe und Zusammenhänge vorausgeschickt werden. Die Ausführungen in diesem einleitenden Abschnitt basieren dabei weitestgehend auf [Hellbrück & Fischer 1999] und [Hagendorf et al. 2011].

Zunächst gilt es, den Begriff der „Empfindung“ gegenüber dem Begriff der „Wahrnehmung“ noch präziser als bisher abzugrenzen. [Hellbrück & Fischer 1999] beschreiben *Empfindung* als das „durch einen Reiz ausgelöste einfache, durch Qualität und Intensität gekennzeichnete Erleben, das durch sich selbst hinreichend gekennzeichnet ist und daher nicht weiter definiert werden kann.“ Beispiele hierfür sind Farben oder Töne, die kontextlos betrachtet werden. Erst im Kontext („das rote Auto fuhr laut scheppernd an ihr vorbei“) kann ihnen zufolge anstelle von Empfindung von (subjektiver) Wahrnehmung gesprochen werden.

Aus biochemischer Sicht wird eine Empfindung ausgelöst, wenn ein Reiz mit einer bestimmten Intensität am Rezeptor auftritt und dessen Energie dort durch Transduktion in neuronale Energie umgewandelt wird. Je größer die Reizenergie ist, umso größer ist die dadurch ausgelöste Depolarisation des Rezeptors (also das Rezeptorpotenzial). Die Impulsrate der in der Folge über die neuronalen Leitungen weitergeleiteten Aktionspotenziale ist wiederum proportional zum Rezeptorpotenzial (Informationscodierung über die Frequenz). Das Rezeptorpotenzial kann jedoch *unterschwellig* sein, d.h., dass trotz einer geringen Depolarisation des Rezeptors kein Aktionspotenzial in den Nervenleitungen erzeugt und somit keine Empfindung ausgelöst wird. Der Reiz am Rezeptor liegt in diesem Fall unterhalb der *Reizschwelle* ([Carlson 2004]).

Die Ermittlung der Reizschwelle durch Untersuchungen an Versuchspersonen ist jedoch nicht unproblematisch. Der Grund dafür liegt darin, dass Versuchspersonen nur Aussagen über ihre momentane *Wahrnehmung*, nicht jedoch über ihre *Empfindung* treffen können. Diese ist jedoch von den jeweiligen Kontextfaktoren abhängig und kann somit in deren Abhängigkeit schwanken. [Hagendorf et al. 2011] sprechen in diesem Zusammenhang somit auch von *Wahrnehmungsschwelle* anstatt von Reizschwelle. Sie definieren Wahrnehmungsschwelle dabei als Markierung des Übergangs „von einer perzeptiven Erfahrung zu einer anderen als Resultat minimaler Änderungen des physikalischen Reizes“ ([Hagendorf et al. 2011], S. 43). Durch die Anwendung bestimmter Test- und Befragungsverfahren besteht die Möglichkeit, die Kontextfaktoren weitestgehend aus den Aussagen der Versuchspersonen zu eliminieren. Unter entsprechenden Testbedingungen (jedoch nicht unter realen Bedingungen) sind die Begriffe Reizschwelle und Wahrnehmungsschwelle daher vermutlich weitestgehend austauschbar.

Darüber hinaus wird der Begriff Reiz- bzw. Wahrnehmungsschwelle in die Begriffe *Absolutschwelle* und *Unterschiedsschwelle* differenziert. Die Inhalte dieser Begriffe liegen nahe: Absolutschwelle bezeichnet die Intensitätsgrenze, oberhalb welcher überhaupt etwas wahrgenommen wird, (unterhalb der Schwelle entsteht kein Sinneseindruck), während die Unterschiedsschwelle den Intensitätsunterschied zwischen zwei differenzierbaren Sinneseindrücken (gleicher Modalität) beschreibt (z.B. ab welcher Schalldruckdifferenz erkennbar ist, dass es sich um zwei unterschiedlich laute Töne handelt). Insbesondere mit Bezug auf die olfaktorische Wahrnehmung spricht man zusätzlich von der *Erkennungsschwelle* ([Hellbrück & Fischer 1999]), welche beschreibt, ab welchem Unterschied zwei olfaktorische Sinneseindrücke nicht nur als unterschiedlich wahrgenommen, sondern zusätzlich speziellen Gerüchen zugeordnet werden können.

5.4.3.6.2 Grundlegende Zusammenhänge der Psychophysik

Da das Ziel der Psychophysik darin besteht, messbare Reizintensitäten mit Empfindungsintensitäten in eine quantitative Beziehung zu setzen, ist es praktisch zwangsläufig, dass in der Psychophysik mathematische Korrelationsbeziehungen entwickelt worden sind. Die grundlegenden Zusammenhänge sollen hier kurz aufgeführt werden:

Das *Weber-Gesetz* (entwickelt von Ernst-Heinrich Weber) besagt, dass das Verhältnis von Unterschiedsschwelle ΔR und Reizintensität R konstant ist: $\Delta R/R = k$. Dies bedeutet: Um einen Unterschied zwischen zwei Reizen wahrnehmen zu können, muss die Reizzunahme ΔR umso größer sein, je größer der Bezugsreiz R ist. Die Konstante k ist dabei eine spezifische Kenngröße für die jeweilige Modalität. Die Unterschiedsschwelle wird dabei auch häufig mit *jnd* für *just noticeable difference* abgekürzt.

Mit dem *Fechner-Gesetz* hat Gustav-Theodor Fechner darüber hinaus ausgedrückt, dass dieses Verhältnis von ΔR zu R der Einheit der Empfindungsintensität ΔE entspricht. Ein konstanter Zuwachs ΔE ist also proportional

zum Verhältnis von Unterschiedsschwelle zu Reizintensität: $\Delta E = c \cdot \Delta R/R$. Anders ausgedrückt: Um den gleichen Zuwachs an Empfindungsintensität zu verzeichnen, muss die Reizintensität mit steigenden Reizintensitäten überlinear zunehmen. Die Größe c stellt dabei einen modalitätsabhängigen Proportionalitätsfaktor dar.

Beide Gesetze lassen sich durch Vereinigung und Integration zum *Weber-Fechner-Gesetz* erweitern: $E = c \cdot \ln(R/R_0)$, wobei R_0 eine Bezugsintensität darstellt, i.d.R. die Reizschwelle. Die Empfindungsintensität wächst also linear mit dem natürlichen Logarithmus von R/R_0 .

Tatsächlich gilt dieser lineare Zusammenhang nicht über das gesamte Spektrum. Für unterschiedliche Modalitäten fand Stevens ([Stevens 1957], [Stevens 1962]) 100 Jahre später sowohl unter- als auch überlineare Beziehungen. Dieser Zusammenhang wird durch die *stevenssche Potenzfunktion* ausgedrückt: $E = c \cdot (R-R_0)^n$, wobei c auch hier wieder eine Proportionalitätskonstante ist. Der Exponent n bestimmt dabei die Art der Funktion ($n > 1$: überproportional, $n < 1$, unterproportional) und ist spezifisch für die betrachtete Modalität.

Bis zu diesem Punkt könnte man von den Grundlagen der „Psychophysik in der Psychologie“ sprechen. Von Ingenieurseite ist diese Systematik jedoch adaptiert und erweitert worden, sodass hier alternativ von einer „Psychophysik in der Ingenieurwissenschaft“ gesprochen werden kann. Die Erweiterung seitens der Ingenieurwissenschaft hat das Ziel, bereits während des Planungsprozesses von prognostizierten Gebäudequalitäten (z.B. Raumtemperaturen, Raumluftqualitäten) auf die mögliche, zukünftige *Zufriedenheit* der Nutzer zu schließen. Hier steht also nicht mehr die Verknüpfung zwischen Reizintensität und *Empfindung*, sondern die Verknüpfung zwischen Reizintensität und *Bewertung* im Vordergrund.

Im Rahmen der Weiterentwicklung sind prognostische Instrumente entstanden, die dazu dienen, die Planung soweit zu optimieren, dass eine Unzufriedenheit des zukünftigen Gebäudenutzers mit den Innenraum-Umgebungsbedingungen möglichst gar nicht (bzw. lediglich begrenzt) auftritt. Besonders hat sich dabei das von Ole Fanger etablierte *PD-Konzept* durchgesetzt ([Fanger 1970]). Dabei wird der prozentuale Anteil der Individuen einer „großen Gruppe“, die unzufrieden mit den spezifischen Bedingungen sind ($PD = \text{percentage dissatisfied}$), von den Angaben dieser Individuen zu ihrer *Empfindung* abgeleitet. Die hierfür grundlegenden Untersuchungen wurden in der überwiegenden Mehrzahl in Klimakammern durchgeführt, wodurch *moderierende Kontextfaktoren*, wie sie üblicherweise bei der Nutzung von Gebäuden auftreten, systematisch ausgeschlossen wurden. Bei diesem Vorgehen kann von einem „Systemkurzschluss“ zwischen Empfindung und Bewertung gesprochen werden, da hier Empfindung und Bewertung nahezu synonym behandelt und dadurch wesentliche, für den individuellen Bewertungsprozess notwendige Aspekte, unberücksichtigt bleiben. Dessen ungeachtet hat sich dieses Vorgehen weitestgehend für die Bewertung von Behaglichkeitsbedingungen in Gebäuden durchgesetzt.

In der Taxonomie der Kategorialbereiche „Individuum“ und „Umgebungsbedingungen“ wurde hingegen eindeutig zwischen dem Begriff der *Empfindung* - beschrieben als „(spezifischer) mentaler Zustand“ - und dem Begriff der *Bewertung* differenziert. Aufgrund der unklaren Trennung dieser Begriffe in der „Psychophysik der Ingenieurwissenschaft“ ist es dennoch nicht sinnvoll, hier eine Darstellung in getrennten Kapiteln vorzunehmen. Eine solche getrennte Darstellung würde das Verständnis der etablierten PD-Konzepte erheblich erschweren und den ohnehin schon komplexen Zusammenhang unnötig verkomplizieren. Die Darstellung der jeweiligen Konzepte für Empfindung und Bewertung werden somit jeweils gemeinsam unter der Überschrift „Empfindung und Bewertung“ dargestellt.

Tatsächlich ist die Unzufriedenheit mit den vorliegenden Behaglichkeitsbedingungen sicherlich von entscheidender Bedeutung für Störungskorrekturhandlungen: Die Annahme ist plausibel, dass ein grundsätzlicher Zusammenhang zwischen dem Anstieg der Unzufriedenheit und dem Anstieg der Handlungsbereitschaft beim Individuum vorliegt. Eine möglichst sichere Prognose der Unzufriedenheit ist also für ein Modell, welches das Interaktionsverhalten des Nutzers vorhersagen soll, erforderlich. Aus dieser Perspektive ist der Bezug auf Modelle, welche das Maß der Unzufriedenheit auf einer experimentellen Basis vorhersagen, trotz aller genannten Einschränkungen sinnvoll. In den nachfolgenden Unterabschnitten wird daher primär auf Modelle dieser Art Bezug genommen.

5.4.3.6.3 Psychophysik der thermischen Empfindung und Bewertung

Das wohl am häufigsten angewandte PD-Konzept ist das von [Fanger 1970] entwickelte PMV-Konzept zur thermischen *Ganzkörperbehaglichkeit*, welches die Bewertung thermischer Umgebungsbedingungen auf der sogenannten ASHRAE-Skala für eine „große Gruppe“ vorhersagt (ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). Dieser Algorithmus trifft Aussagen zum „vorausgesagten mittleren Votum“ („predicted mean vote“, PMV) einer Gruppe von Individuen, für welche die thermischen Randbedingungen (Luft- und Oberflächentemperatur, Luftfeuchte und Luftbewegung), die Dämmqualität der Kleidung und die körperliche Betätigung als unabhängige Variablen bekannt sind. Die Bewertung wird dabei mit Bezug auf die *ASHRAE-Skala der thermischen Empfindung* („thermal sensation“) ausgedrückt. Dabei handelt es sich um eine 7-stufige Verbalskala, deren Aussagenstufen in Tabelle 47 aufgeführt sind. Wird auf der Basis des PMV-Algorithmus‘ nun eine mittlere Bewertung von beispielsweise „0“ (für die Gruppe) vorhergesagt, bedeutet dies jedoch nicht automatisch, dass die thermischen Bedingungen von allen Individuen dieser Gruppe homogen mit „0“ bewertet werden. Bedingt durch interindividuelle Unterschiede und der damit verbundenen Streuung der individuellen Bewertungen, verbirgt sich hinter dem vorhergesagten mittleren Votum für eine Gruppe also immer eine *Verteilung* der individuellen Voten. Ein berechnetes mittleres Votum von „0“, also „neutral“, umfasst z.B. nur ca. 60 % „neutral“-Aussagen, 35 % der Voten liegen bei „-1“ oder „1“ und die verbleibenden 5 % verteilen sich auf „-2“ oder „2“.

Tabelle 47

Gebräuchliche Varianten von Verbalskalen für die Einschätzung der thermischen Situation.

Wert	ASHRAE-Skala „sensation“	Bedford-Skala „thermal comfort“	Komfort-Skala „comfort“	MyIntyre-Skala „preference“
„-3“	cold	much too cool		
„-2“	cool	too cool		
„-1“	slightly cool	comfortably cool		I would like to be cooler
„0“	neutral	comfortable and neither cool nor warm	comfortable	no change
„1“	slightly warm	comfortably warm	slightly uncomfortable	I would like to be warmer
„2“	warm	too warm	uncomfortable	
„3“	hot	much too warm	very uncomfortable	

In der Behaglichkeitsforschung werden jedoch neben der ASHRAE-Skala i.d.R. mindestens drei weitere Skalen zur Beurteilung thermischer Umgebungsbedingungen verwendet: die Bedford-, die Komfort- und die McIntyre-Skala.

Die *Bedford-Skala* („Bedford-Warmth-Scale“) ist zwar ebenfalls aus sieben Stufen aufgebaut, drückt jedoch nicht die Empfindung, sondern die *Bewertung* der thermischen Situation aus („thermal comfort“, siehe ebenfalls Tabelle 47). Die Verbalskala bezieht sich - wie bei der ASHRAE-Skala - sowohl auf warme als auch auf kalte Bedingungen. Gleichzeitig geht sie jedoch über die ASHRAE-Skala hinaus, da die Bewertung immer eine (bewusste) Wahrnehmung voraussetzt und damit der Empfindung logisch nachgeordnet ist. Die *Komfort-Skala* hingegen verzichtet auf den Bezug auf die thermischen Bedingungen und ist dadurch allgemeiner formuliert. Von diesen drei Skalen unterscheidet sich die *McIntyre-Skala* deutlich ([McIntyre 1980], siehe Tabelle 47): Sie ist eine auf thermische Aspekte bezogene *Präferenz-Skala* mit insgesamt drei Differenzierungspunkten. Mittels dieser Skala lässt sich die *Präferenz* des Individuums für die Änderungen der momentan vorliegenden Bedingungen in eine definierte Richtung beschreiben.

Der Einfachheit halber werden die Stufen der Skalen häufig mit numerischen Werten belegt. In Tabelle 47 sind diese in der linken Spalte dargestellt (sie wurden hier allerdings homogenisiert dargestellt, häufig werden auch Zahlen von 1 bis 7 für die ASHRAE- oder die Bedford-Skala verwendet, was aber die nachfolgenden Ausführungen nicht berührt). Bei dieser Art der verkürzten Darstellung mittels Zahlen muss man sich jedoch der Tatsache bewusst bleiben, dass es sich bei diesen Skalen um Ordinalskalen, nicht jedoch um Intervallskalen

handelt. Sie drücken also eine Ordnung aus, indem sie die einzelnen Stufen in eine Rangfolge bringen („cold“ ist kälter als „cool“). Die Abstände zwischen den Stufen sind jedoch nicht intervallartig skaliert. D.h. konkret, dass zwischen „0“ und „1“ ein anderer Unterschied der Empfindungsintensität liegen kann als z.B. zwischen „1“ und „2“, auch wenn die numerische Differenz etwas anderes suggeriert. Aus diesem Grund sind die Zahlen in Anführungszeichen geschrieben, damit sie als Namen gekennzeichnet sind und nicht als numerische Werte missverstanden werden.

Ein anderer wichtiger Aspekt in diesem Kontext ist die Frage der gegenseitigen Übertragbarkeit der Skalen. Häufig wird beispielsweise unter Verweis auf experimentelle Untersuchungen (wie z.B. [Griffiths and Boyce 1971]) festgehalten, dass die ASHRAE-Skala und die Bedford-Skala wechselseitig austauschbar sind, d.h., dass die individuellen Antworten auf der Skala unter vergleichbaren Bedingungen auch gleichartig ausfallen. Dies sollte jedoch (theoretisch) nicht der Fall sein, da die eine Skala die Empfindung, die andere jedoch die kontextabhängige Bewertung ausdrückt. Im Licht der oben unter 5.4.3.6.1 auf Seite 237 dargestellten Schwierigkeiten, Empfindung und Wahrnehmung experimentell eindeutig zu trennen, sind zwei Deutungen dieses Ergebnisses möglich: Bei experimentellen Untersuchungen im Labor (z.B. in der Klimakammer) ist der Kontext tendenziell gleichförmig und zudem „mager“. Sein Einfluss auf die Wahrnehmung ist demnach vermutlich gering und die Wahrnehmung und die Bewertung weisen dadurch die Tendenz auf, der Empfindung zu ähneln. Stammen die Ergebnisse andererseits aus einer Felduntersuchung, so ist der Kontext im Gegenteil vielfältig und reichhaltig. In diesem Fall ist es nicht möglich, die bloße Empfindung durch Befragung zu isolieren, da der Kontext einen großen Einfluss auf die Aussagen der Versuchspersonen ausübt. Die Ergebnisse der Empfindungsskala weisen somit die Tendenz auf, der Wahrnehmung bzw. der Bewertung zu ähneln. In beiden denkbaren experimentellen Anordnungen ist die Wahrscheinlichkeit also systematisch vergrößert, dass beide Befragungsmethoden zu vergleichbaren Ergebnissen führen. Daraus lässt sich jedoch keineswegs schließen, dass Empfindung und Bewertung identisch sind.

Auch die Übertragbarkeit zwischen der ASHRAE-Skala und der Komfort-Skala nimmt eine wichtige Position in der Behaglichkeitsforschung ein. Das PPD-Konzept von [Fanger 1970] („predicted percentage of dissatisfied“, „vorausgesagter Prozentsatz der Unzufriedenen“) basiert auf dieser Kovariation, die ursprünglich von [Gagge et al. 1967] untersucht wurde. [Gagge et al. 1967] setzten Versuchspersonen unterschiedlichen Temperaturbedingungen in einer Klimakammer aus und befragten sie bezüglich ihres thermischen Empfindens (Aussagen auf der ASHRAE-Skala) und gleichzeitig bezüglich ihrer Behaglichkeitseinschätzung (Aussagen auf der Komfort-Skala). Dabei stellte sich heraus, dass die Versuchspersonen sowohl neutrale als auch um einen Punkt davon abweichende thermische Empfindungen („slightly warm“ bis „slightly cool“) weitestgehend als komfortabel ansahen. Erst jenseits dieser Empfindungen stieg die Unbehaglichkeit bei den Versuchspersonen merklich an. Für die untersuchte Situation konnte also festgestellt werden, dass die Abstände zwischen den Aussagenpunkten der beiden Skalen offenbar nicht als äquidistant skaliert aufzufassen sind. Aus verschiedenen Überlegungen, die hier nur kurz zusammengefasst werden sollen, ergibt sich jedoch, dass diese Aussage nur bedingt auf Alltagssituationen generalisierbar ist. Zunächst war der Versuchsumfang mit nicht mehr als drei Versuchspersonen recht gering, sodass eine Übertragbarkeit schon aus diesem Grund anzweifelbar ist. Darüber hinaus erfolgte der Vergleich der ASHRAE-Skala nicht mit der Bedford-Skala sondern mit der allgemeineren Komfort-Skala. Möglicherweise hat dieser unspezifische Bezug das Ergebnis ebenfalls beeinflusst: Unbehaglich kann sich eine Versuchsperson aus vielen Gründen fühlen, diese Gründe müssen auch in einer Versuchssituation nicht zwingend thermischer Natur sein. Gegen diesen Einfluss spricht jedoch, dass die Ergebnisse der Untersuchung von [Gagge et al. 1967] mit der zuvor dargestellten, unmittelbaren Übertragbarkeit zwischen der ASHRAE-Skala und der Bedford-Skala übereinstimmen: Vergleicht man die beiden Skalen in Tabelle 47, so ist erkennbar, dass die mittleren Aussagen auf der Bedford-Skala (von „-1“ bis „1“) positiv konnotiert sind und erst jenseits davon eine negative Aussage auftritt („... too ...“). Die mittleren Aussagen der Bedford-Skala („-1“ bis „1“) drücken also Komfort aus und kovariieren daher erwartungsgemäß mit der zentralen Kategorie der Komfort-Skala. Dennoch bleibt die zuvor bereits geäußerte Kritik bestehen, dass Ergebnisse aus einer kontrollierten Laborsituation - auch jene, die lediglich eine Übereinstimmung zwischen zwei Skalen postulieren - nicht ohne Weiteres auf reale Situationen übertragbar sind.

Die Ausführungen zu den Aspekten der Aufmerksamkeit, des Bewusstseins und die einleitenden Erklärungen zur Wahrnehmung begründen die dargestellten Zweifel. Dennoch bezieht sich Fanger bei der Entwicklung des PPD-Konzepts, welches auf dem oben beschriebenen PMV-Konzept basiert, explizit auf diese Ergebnisse wenn er für seinen Prognosealgorithmus festlegt, dass alle Personen, die auf der ASHRAE-Skala jenseits von „-1“, „0“ und „1“ abstimmen, als unzufrieden („dissatisfied“) gelten ([Fanger 1970], S. 130). So ist nach diesem Algorithmus bei einem mittleren Votum von „0“/„neutral“ also mit einem Anteil von 5 % Unzufriedenen zu rechnen (also der Anteil der Gruppe, für den der Algorithmus ein Votum von „-2“ oder „2“ berechnet).

Mit der Absicht, ein verbessertes Konzept der thermischen Unzufriedenheit zu entwickeln, haben [Grabe & Winter 2008] Aussagen auf der ASHRAE-Skala mit zeitgleichen Aussagen auf der McIntyre-Skala korreliert. Der dafür herangezogene Datensatz entstammt jedoch nicht Laboruntersuchungen, sondern dem Metadaten-satz des ASHRAE RP-884 Projektes ([de Dear 2012]). Für diesen Datensatz wurden zahlreiche Feldstudien zusammengeführt, sodass ein Gesamtumfang der Daten von mehreren tausend Aussagen entstand. In der Untersuchung von [Grabe & Winter 2008] wurde thermische *Unzufriedenheit* durch die beiden Randaussagen der McIntyre-Skala („I would like to be cooler/warmer“) definiert. Dabei wurde davon ausgegangen, dass der Wunsch nach Änderung der aktuellen Bedingungen (ausgedrückt auf der McIntyre-Skala) gleichzeitig die Unzufriedenheit mit diesen Bedingungen ausdrückt. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen vor allem, dass die Realität offenbar weit vielfältiger ist als das Labor: Bei einem mittleren, vorhergesagten Votum von „0“/„neutral“ streben hier ca. 35 % der befragten Individuen eine Veränderung an - entweder Richtung wärmerer oder Richtung kälterer Bedingungen - und gelten nach obiger Annahme somit als unzufrieden. Dies ist ein sehr viel höherer Anteil als die 5 % des PPD-Algorithmus‘ und lässt auf Einflüsse schließen, die im Laborexperiment nicht erfasst werden.

Zusätzlich zu dem PMV-Modell von Fanger als Prognosemodell der thermischen *Ganzkörperbehaglichkeit* haben sich eine Reihe von Prognosealgorithmen mit Bezug auf die *lokale thermische Behaglichkeit* etabliert. Letztere berücksichtigen z.B. ansatzweise die Verteilung der menschlichen Thermosensoren über den Körper (siehe Abschnitt 4.3.6.1 auf Seite 112). Die Modelle haben weitestgehend Eingang in die Norm [Norm DIN EN ISO 7730 2006] gefunden und werden in den nachfolgenden Abschnitten kurz erläutert.

5.4.3.6.3.A Thermische Ganzkörperbehaglichkeit

Die Basis für den PMV-Algorithmus ist die *Bilanzierung der Wärmeverluste und -gewinne* des menschlichen Körpers, welche durch die thermoregulativen Prozesse des Körpers gesteuert werden und von den thermischen Umgebungsbedingungen abhängen. Hierzu zählen die Wärmeproduktion des Körpers H (z.B. durch den Grundumsatz, durch Aktivität), die Feuchtediffusion über die Haut E_{d} , die Schweißverdunstung von der Oberfläche des Körpers E_{sw} , der latente und sensible Wärmeaustausch durch die Atmung $E_{\text{res,lat}}$ und $E_{\text{res,sens}}$ und die radiativen und konvektiven Wärmeströme R und C über die Körperoberfläche. Letztere werden in einem erheblichen Maß durch die Bekleidung modifiziert und gehen als „Dämmwert“ in die Berechnung mit ein. Dieser Gesamtzusammenhang wurde im Rahmen der Analyse der Realitätsbeschreibung bereits qualitativ dargestellt. So wurde der Einfluss der Bekleidung und der physischen Aktivität auf den physischen Zustand und in der Folge auf den mentalen Zustand z.B. in Abbildung 23 auf Seite 119 dargestellt. Offenbar kann dieser Darstellung zufolge jedoch mit zusätzlichen Einflussgrößen gerechnet werden, die jedoch im PMV-Algorithmus nicht berücksichtigt werden (z.B. Individualmerkmale wie Krankheitszustand oder Alter). Außerdem wurde in Abschnitt 4.3.7.3 auf Seite 124 der Zusammenhang zwischen dem physischen Zustand und den Umgebungsbedingungen erläutert.

Für die Berechnung der radiativen Wärmeströme wird i.d.R. auf die „mean radiant temperature“, d.h. die mittlere Strahlungstemperatur, Bezug genommen. Dieser Begriff bedarf der Erläuterung, da es sich dabei um eine Hilfsgröße handelt, welche die Vergleichbarkeit von konvektiven und radiativen Wärmeaustauschvorgängen verbessern soll. Unter der *mittleren Strahlungstemperatur* (MRT) versteht man die virtuelle, homogene Temperatur einer schwarzen Hemisphäre, die zu dem gleichen Strahlungsaustausch mit einer betrachteten gerichteten Fläche führt wie die betrachtete (inhomogene) Strahlungssituation. Dabei werden die unterschiedlichen Emissivitäten und Sichtfaktoren, die sich aus den Oberflächenmaterialien und der geometrischen Anordnung

ergeben, also zu einem Einzahlwert zusammengefasst.

Die typische Bilanzierung des PMV-Algorithmus nimmt dann die folgende Form an:

$$H = E_d + E_{sw} + E_{res,lat} + E_{res,sens} + R + C \text{ in W/m}^2 \text{ (bezogen auf die Körperoberfläche)}$$

Dabei wird H häufig durch $(M - W)$ ausgedrückt, d.h., die Wärmeproduktion des Körpers H ergibt sich aus der metabolischen Rate des Körpers M (gesamte Energieproduktion) abzüglich derjenigen Energie W , die in mechanische Arbeit umgesetzt wird (z.B. das Überwinden eines Höhenunterschieds). Die Wärmeproduktion des Körpers muss durch die sechs aufgeführten Wärmeaustauschkomponenten ausgeglichen werden. Für alle Teilterme werden dabei vereinfachte Berechnungsansätze entwickelt, die zwar die Genauigkeit reduzieren, dafür jedoch die Berechenbarkeit verbessern und somit die Berechnung beschleunigen.

Für das Empfinden von Neutralität („0“) ist es nach Fanger erforderlich (wenn auch nicht hinreichend), dass diese Wärmebilanz befriedigt wird. Innerhalb des üblichen Bereichs thermischer Umgebungsbedingungen (sofern also ein Individuum z.B. nicht erfriert) wird diese Gleichung jedoch immer befriedigt, da der Körper immer zu einem thermodynamisch stationären Zustand gelangen kann, in dem sich die verschiedenen Wärmeströme ausgleichen. Als zusätzliche Bedingung für Neutralität wird daher von Fanger gefordert, dass die Hauttemperatur t_s und die Schweißproduktion E_{sw} innerhalb eines engen Wertekorridors liegen müssen. Diese Forderung basiert auf Laboruntersuchungen, bei denen Fanger festgestellt hatte, dass die Hauttemperatur t_s und die Schweißproduktion der Probanden E_{sw} *unter für sie neutralen Bedingungen* ausschließlich von der Wärmeproduktion des Körpers (also der Aktivität des Individuums) abhingen, nicht jedoch von anderen Faktoren. Diese zweite und dritte Bedingung wurden mathematisch wie nachfolgend dargestellt formuliert:

$$t_s = 35,7 - 0,028 \cdot H \text{ in } ^\circ\text{C} \quad \text{und} \quad E_{sw} = 0,42 \cdot (H - 58,15) \text{ in W/m}^2$$

Durch Festlegung der Hauttemperatur wird zusätzlich zu diesen beiden Gleichungen auch die Feuchtediffusionsrate über die Haut E_d eindeutig festgelegt. Diese Gleichungen werden in der Bilanz *anstelle der thermoregulativ korrekt berechneten Größen* für die Hauttemperatur und die Schweißproduktion verwendet. Ist das Individuum also z.B. großer Wärme ausgesetzt und gleicht dabei seinen Wärmehaushalt in der Realität durch starkes Schwitzen und entsprechende Verdunstung von der Körperfläche aus, so wird in der Berechnung nicht diese physiologisch tatsächlich eintretende, erhöhte Schweißproduktion verwendet, sondern die oben aufgeführte Gleichung für E_{sw} . Dadurch ist es rechnerisch möglich, dass die Gesamtbilanzierung der Wärme ein *Residuum* aufweist (und zwar in diesem Beispiel den Unterschied zwischen der realen und der rechnerisch in Ansatz gebrachten Schweißverdunstung). Die Größe dieses Residuums wird nun als proportional zur Abweichung der Empfindung von „0“ betrachtet. Durch Multiplikation mit einer Exponentialfunktion wird auf dieser Basis der PMV ausgerechnet:

$$\text{PMV} = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot \text{Residuum}$$

Der Prozentsatz Unzufriedener wird daraus nach

$$\text{PPD} = 100 \cdot 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot \text{PMV}^4 - 0,2179 \cdot \text{PMV}^2)$$

bestimmt (siehe Abbildung 51 auf Seite 244). Der berechnete Prozentsatz der Unzufriedenen steht demnach in einem fixierten Verhältnis zur mittleren Empfindung der thermischen Situation.

Die Vorhersagekraft des PMV-Modells in realen Alltagsumgebungen ist begrenzt. [De Dear et al. 1997] haben z.B. zeigen können, dass zwischen konditionierten und frei belüfteten Gebäuden signifikante Unterschiede hinsichtlich der thermischen Neutralität existieren. Während die neutralen Temperaturen konditionierter Gebäude offenbar zuverlässig durch das PMV-Modell vorhergesagt werden, weicht die Vorhersage für frei belüftete Gebäude systematisch von der Realität ab. Im Kontext dieser Arbeit spielt die Vorhersage neutraler Temperaturen jedoch ohnehin nur eine untergeordnete Rolle. Davon ausgehend, dass negativ bewertete Behaglichkeitsbedingungen handlungsmotivierend wirken, stehen hier stattdessen Vorhersagen nicht-neutraler Empfindungen im Fokus des Interesses. [Grabe & Winter 2008] haben jedoch gezeigt, dass die Vorhersagekraft des PMV-

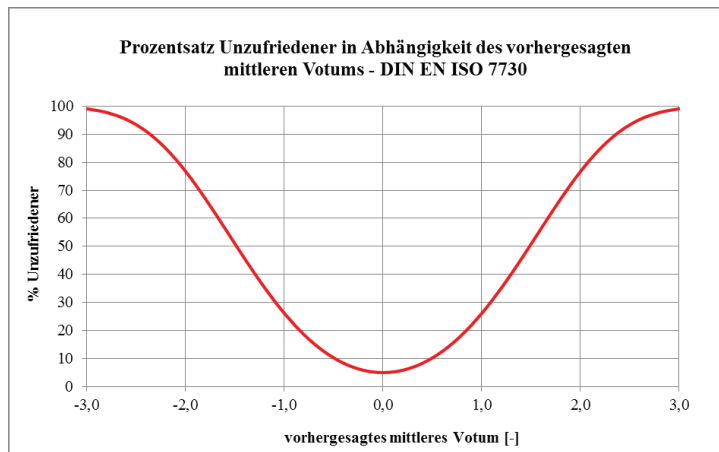


Abbildung 51
Darstellung des PPD in Abhängigkeit des vorhergesagten mittleren Votums PMV,
Quelle: [Norm DIN EN ISO 7730 2006].

5.4.3.6.3.B Fußbodentemperaturen

Die Beheizung von Gebäuden kann auf unterschiedliche Arten geschehen. Eine mögliche, häufig mit der Einsparung von Energie verbundene Möglichkeit, ist die Beheizung des Bodens. Hier werden Wassersysteme und elektrische Fußbodenheizungen unterschieden.

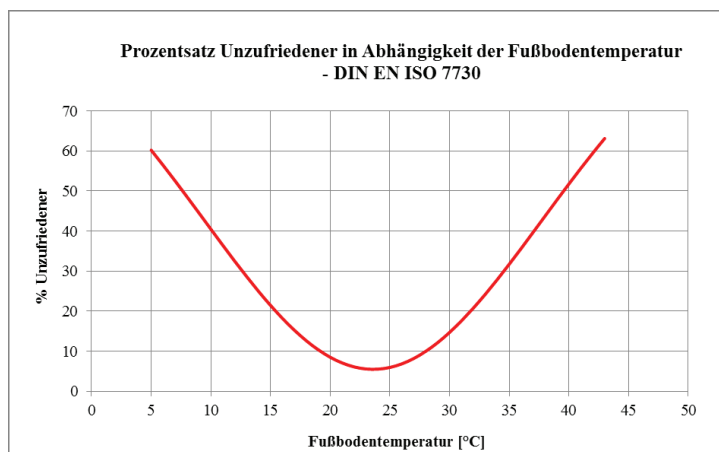


Abbildung 52
Vorhersage des Anteils Unzufriedener in Abhängigkeit der Fußbodentemperatur,
Quelle: [Norm DIN EN ISO 7730 2006].

$$PD = 100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot t_f - 0,0025 \cdot t_f^2)$$

Die Anwendbarkeit dieser Gleichung erstreckt sich nach Angaben der Norm ebenfalls auf Personen, die auf dem Boden sitzen.

5.4.3.6.3.C Strahlungstemperaturasymmetrie

Der Mensch tauscht über seine Oberfläche langwellige Strahlung mit seiner Umgebung aus. So ist es auch auf Entfernung möglich, die Wärme einer Heizung zu spüren, allerdings ebenso die Kälte eines Fensters im Winter. Diese Unterschiede der Strahlungstemperatur können zu lokaler thermischer Unbehaglichkeit führen, auch wenn die Kriterien für die Ganzkörperbehaglichkeit erfüllt sind (und dies durch das Individuum auch so

Modells umso mehr sinkt, je weiter die thermischen Bedingungen eines Raums von der berechneten Neutralität abweichen. Bei einem prognostizierten PMV von „2“ lag das tatsächliche mittlere Votum z.B. lediglich bei ca. „1“. Es folgt daraus, dass der PMV-Algorithmus in seiner jetzigen Form nicht für ein Modell des Nutzerverhaltens verwendet werden kann.

Der Einfluss von Solarstrahlung wird im PMV nicht separat berücksichtigt, sondern kann in die MRT (mean radiant temperature) rechnerisch integriert werden. Es sprechen jedoch einige Gründe gegen dieses Verfahren, wie weiter unten noch erläutert wird (siehe Unterabschnitt C.i) auf Seite 245).

Allerdings kann nicht beliebig viel Heizenergie durch eine Fußbodenheizung bereitgestellt werden. [McIntyre 1980] weist darauf hin, dass der Bereich komfortabler Fußbodentemperaturen für barfüßige Individuen zwischen 20 °C und 28 °C für Teppichböden, zwischen 23° und 28 °C für Holzfußböden und zwischen 26 °C und 29 °C für Betonfußböden liegt (85 % Zufriedene). Mit Schuhen sollte die Temperatur nicht oberhalb 25 °C bis 27 °C liegen, um Unzufriedenheit zu vermeiden.

Die [Norm DIN EN ISO 7730 2006] gibt den Prozensatz Unzufriedener PD als Funktion der Fußbodentemperatur t_f an, gültig für „leichte, für Innenräume geeignete Schuhe“:

empfundene wird). Die *Strahlungstemperaturasymmetrie* entsteht, wenn die mittlere Strahlungstemperatur für die eine Seite einer gedachten Fläche von der Strahlungstemperatur der anderen Seite dieser Fläche abweicht. Hat eine Person also seine Front dem kalten Fenster zugewendet und sind gleichzeitig die Oberflächentemperaturen der Wände in seinem Rücken wärmer als jene dieses Fenster, so besteht die Gefahr einer unbehaglichen Strahlungstemperaturasymmetrie.

Die [Norm DIN EN ISO 7730 2006] gibt die folgenden Gleichungen zur Bestimmung der Menge der Unzufriedenen für unterschiedliche geometrische Anordnungen in Abhängigkeit der Strahlungstemperaturdifferenz Δt_{pr} an:

Warme Decke (wD): $PD = 100 / (1 + \exp(2,84 - 0,174 \cdot \Delta t_{pr})) - 5,5$ für $\Delta t_{pr} < 23 \text{ °C}$

Warme Wand (wW): $PD = 100 / (1 + \exp(3,72 - 0,052 \cdot \Delta t_{pr})) - 3,5$ für $\Delta t_{pr} < 35 \text{ °C}$

Kalte Decke (kD): $PD = 100 / (1 + \exp(9,93 - 0,50 \cdot \Delta t_{pr}))$ für $\Delta t_{pr} < 15 \text{ °C}$

Kalte Wand (kW): $PD = 100 / (1 + \exp(6,61 - 0,345 \cdot \Delta t_{pr}))$ für $\Delta t_{pr} < 15 \text{ °C}$

Diese Gleichungen gehen auf Untersuchungen von [Fanger et al. 1980] und [Fanger et al. 1985] zurück, bei denen die Temperatur der entsprechenden Flächen in einer Klimakammer stufenweise verändert wurde. Ausgehend von einer thermisch neutralen Situation (also einem Votum der Versuchspersonen auf der ASHRAE-Skala von „0“) wurde die Lufttemperatur der Klimakammer parallel zur Veränderung der Oberflächentemperatur dabei so angepasst, dass die Ganzkörperneutralität für die Versuchspersonen gewahrt wurde. Die Angaben der Versuchspersonen zur Unbehaglichkeit beziehen sich somit konkret auf die empfundene Asymmetrie, nicht auf die Ganzkörperbehaglichkeit, sind jedoch auch lediglich für sitzende Tätigkeiten gültig.

Auffallend sind die Unterschiede bezüglich der Anfälligkeit gegenüber Strahlungstemperaturasymmetrien in Abhängigkeit von der Orientierung der temperierten Fläche. Bei warmen Decken steigt die Unzufriedenheit sehr steil mit der Temperaturdifferenz an, während sie z.B. bei warmen Wänden offenbar nur sehr langsam ansteigt und die Individuen große Temperaturdifferenzen tolerieren. Tatsächlich wird der Effekt von Strahlungstemperaturasymmetrien jedoch kontrovers diskutiert, da die Ergebnisse verschiedenster Studien nicht zu übereinstimmenden Ergebnissen geführt haben. [McIntyre 1977] z.B. untersuchte in seiner Studie den Einfluss beheizter Decken auf das Komfortempfinden (bis 45 °C Deckentemperatur bei 23 °C Raumtemperatur). Die Versuchspersonen spürten den Anstieg der Strahlungsasymmetrie zwar deutlich, im Gegensatz zur Fanger-Studie äußerten sie jedoch höchstens leichte Unbehaglichkeit. Nach der Ganzkörperbehaglichkeit gefragt, gaben die Versuchspersonen im Mittel sogar an, sich zunehmend (also mit ansteigender Deckentemperatur) wohler zu fühlen, obwohl der Wärmeaustausch des Körpers durch Absenkung der Luft- und Oberflächentemperaturen konstant gehalten wurde. Auf weitere Studien mit z.T. kontroversen Ergebnissen verweisen z.B. [Olesen & Parsons 2002] oder [Huizenga et al. 2006].

C.i) Einfluss der Solarstrahlung

Nicht nur die langwellige Strahlung der Umgebungsoberflächen beeinflusst die Ganzkörperbehaglichkeit und die Strahlungstemperaturasymmetrie, sondern ebenfalls die kurzwellige Solarstrahlung, die von der Körperoberfläche eines Individuums absorbiert wird. In dem PMV-Modell von Fanger existiert hierfür kein Extrasummand

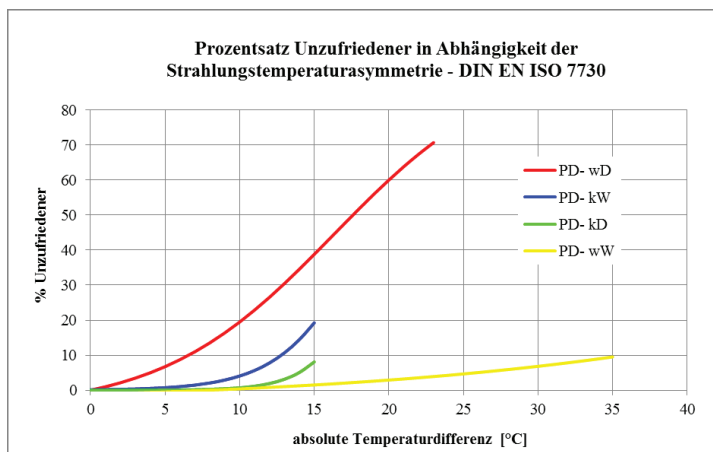


Abbildung 53
Unzufriedenheit in Abhängigkeit der Strahlungstemperaturasymmetrie,
Quelle: [Norm DIN EN ISO 7730 2006].

und folgt man [Fanger 1967], so kann dieser Strahlungsanteil in die MRT mit integriert werden. Die Sonne würde dann lediglich als eine, i.d.R. besonders intensiv strahlende Teiloberfläche des betrachteten Halbraums angesehen werden. [Lyons et al. 2000] verwenden diese Methodik beispielsweise, um die Behaglichkeit im direkten Umfeld von Fenstern in Abhängigkeit der Saison und der Verglasungsqualität zu bestimmen. Streng genommen werden bei diesem Ansatz jedoch diffus strahlende Oberflächen mit dem direkten Strahlungsanteil der Sonne vermischt, sodass das übliche geometrische Verfahren der Sichtfaktoren zur Berechnung der MRT nicht mehr anwendbar ist. Darüber hinaus führt die Solarstrahlung durch die Absorption an den Beschichtungsebenen der Verglasung i.d.R. zu einem deutlichen Anstieg der Verglasungstemperaturen. Dieser Effektanteil der Solarstrahlung muss auf jeden Fall formal eindeutig von dem Effekt der transmittierten Strahlung getrennt werden.

Daher ist es sicherlich zweckmäßiger, anstelle der Integration der Solarstrahlung in die MRT einen zusätzlichen Term in der Wärmebilanzgleichung der PMV-Berechnung zu definieren. [Huizenga et al. 2006] verweisen zwar auf diese Möglichkeit, offensichtlich hat sich dieses Verfahren jedoch nicht durchgesetzt. Die Sonne bzw. die durch das Fenster transmittierte Solarstrahlung nimmt jedoch aus verschiedenen Gründen eine besondere Stellung ein: Erstens ist es genau dieser Teil der Strahlung, der durch entsprechendes Interaktionsverhalten des Nutzers (nämlich die Nutzung des Sonnen- und des Blendschutzes) an seine Bedürfnisse angepasst werden kann. Dies gilt im Gegensatz dazu eben nicht für die Temperatur der übrigen Oberflächen des Raums. Zweitens beeinflusst die Solarstrahlung durch die Versorgung des Raums mit Tageslicht nicht nur die thermische, sondern ebenfalls die visuelle Situation. Diese multiplen Bedeutungen der Solarstrahlung machen eine differenzierte Betrachtung der Solarstrahlung unverzichtbar.

5.4.3.6.3.D Temperaturschichtung

Die [Norm DIN EN ISO 7730 2006] nimmt darüber hinaus auf vertikale Temperaturdifferenzen zwischen dem Kopf und den Füßen Bezug. Mit ansteigender Temperaturdifferenz Δt_{av} steigt der Prozentsatz der Unzufriedenen, welcher nach folgender Gleichung abschätzbar ist:

$$PD = 100 / (1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_{av})) \text{ für } \Delta t_{av} < 8 \text{ °C}$$

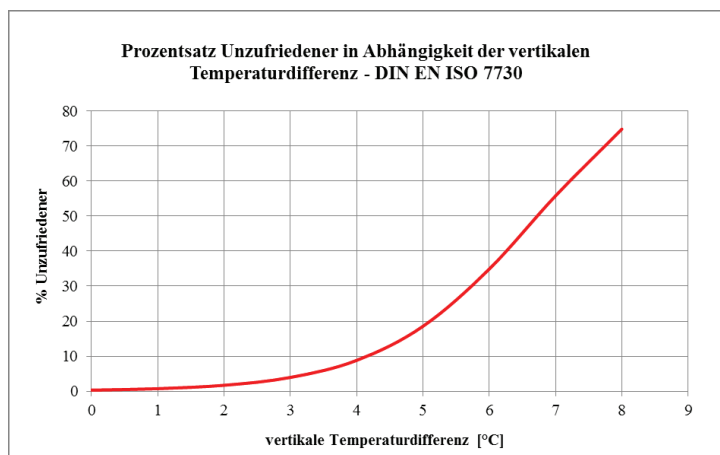


Abbildung 54

Anteil Unzufriedener aufgrund von Temperaturschichtungen, Quelle: [Norm DIN EN ISO 7730 2006].

es zeigte sich, dass dieser Anteil der Unzufriedenen erheblich reduziert werden konnte, indem die Versuchspersonen die mittleren thermischen Bedingungen in einem zweiten Versuchsdurchgang ihren eigenen Bedürfnissen anpassen konnten. Die Ergebnisse dieses Versuchsdurchgangs sind die Basis für die oben angegebene Gleichung. Sie zeigen jedoch auch, dass es eines sehr umsichtigen Versuchsdesigns bedarf, um die beobachteten Effekte (die Voten der Versuchspersonen) den richtigen Ursachen zuordnen zu können (z.B. Stratifizierung oder Gangkörperbehaglichkeit).

Eine umgekehrte Stratifizierung, d.h. eine vom Fußpunkt ausgehend nach oben abnehmende Temperatur, wird nach Angaben der Norm als weniger unbefriedigend empfunden und wird daher nicht weiter behandelt. Die angegebene Gleichung gilt unabhängig von der vorliegenden Ganzkörperbehaglichkeit.

Die Gleichung basiert auf Untersuchungen von [Olesen et al. 1978] mit insgesamt nur 16 Versuchspersonen. Dabei wurden in der Klimakammer in einem ersten Versuchsdurchgang unterschiedliche Temperaturgradienten eingestellt, während gleichzeitig mittlere thermische Bedingungen vorlagen, die rechnerisch der thermischen Ganzkörperneutralität entsprachen. Der daraus resultierende Anteil der Unzufriedenen war sehr hoch und

Entsprechend widersprüchlich fallen daher auch in diesem Bereich die Untersuchungsergebnisse und die daraus abgeleiteten Empfehlungen aus. Beispielhaft sei hier die Untersuchung von [Wyon & Sandberg 1996] dargestellt. Hier wurden insgesamt 207 Versuchspersonen bei einem 3 x 3 Versuchsaufbau in neun verschiedene Versuchsgruppen aufgeteilt. Die unabhängige Variable „vertikaler Gradient“ wurde dabei in drei Stufen (0 K/m, 2 K/m und 4 K/m) und die unabhängige Variable „operative Temperatur“ ebenfalls in drei Stufen („1,4 K unter thermischer Neutralität“ und „1,4 K über thermischer Neutralität“ und „thermische Neutralität“) aufgeteilt. Die Klimakammerbedingungen der thermischen Neutralität wurden dabei nicht durch die Versuchspersonen selber eingestellt, sondern anhand eines sogenannten „thermal manikin“ festgelegt. Dabei handelt es sich um ein Messsystem, welches dem menschlichen Körper nachempfunden ist und dessen thermische Sensorik simuliert, um alle Wärmeaustauschmechanismen der PMV-Gleichung exakt messen zu können. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem thermischen Behaglichkeitsempfinden (weder auf den ganzen Körper bezogen noch lokal) und dem Temperaturgradienten bestand. Allerdings korrelierte das thermische Behaglichkeitsempfinden hochsignifikant mit der operativen Temperatur, während die (zusätzlich abgefragte) Trockenheit der Augen mit dem Temperaturgradienten anstieg. Eine der Schlussfolgerungen aus dieser Studie ist die Empfehlung, die Grenzwerte der [Norm DIN EN ISO 7730 2006] nicht unter „Feldbedingungen“ anzuwenden.

5.4.3.6.3.E Luftfeuchtigkeit

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird häufig auf den Einfluss der Feuchtigkeit auf das Wohlbefinden Bezug genommen. Insbesondere gilt dies für die Kombination mit thermischen Aspekten („feucht-warmes Klima“, „feuchte Kälte“). Der Einfluss der Luftfeuchte auf die Behaglichkeit ist jedoch lediglich unter extremen klimatischen Bedingungen nachweisbar. Im Anhang F der [Norm DIN EN ISO 7730 2006] wird entsprechend beschrieben, dass der Einfluss der Luftfeuchte im Bereich behaglicher thermischer Umgebungsbedingungen nur einen geringen Einfluss auf die thermische Ganzkörperbehaglichkeit ausübt. Tatsächlich ist die Energiemenge derjenigen Wärmeaustauschmechanismen, die in der PMV-Berechnung durch die Luftfeuchte beeinflusst werden, sehr gering und liefert somit nur einen geringen Beitrag zur Wärmebilanz des Körpers.

[McIntyre 1980] fasst einige Studien zum Einfluss der Luftfeuchte auf das Wohlbefinden zusammen. Er weist insbesondere auf den Zusammenhang zwischen hohen Temperaturen, die zur Schweißproduktion führen, und gleichzeitig hohen relativen Luftfeuchten hin. Diese Bedingungen verhindern ein effektives Verdunsten des Schweißes und führen daher zu Unbehagen aufgrund der ansteigenden Hautfeuchte und der akkumulierenden Wärme. (Im fangerschen PMV-Modell führt eine erhöhte Schweißproduktion bereits per se zur Unbehaglichkeit, unabhängig von den Verdunstungsmöglichkeiten für den Schweiß. Eine Differenzierung zwischen hohen und geringen Luftfeuchten ist dabei also systematisch ausgeschlossen). Neben den extrem hohen Luftfeuchten sind es auch die extrem niedrigen Luftfeuchten, die zu Unbehagen führen können. Eine niedrige Luftfeuchte ist häufig für gereizte Schleim- und/ oder Bindehäute verantwortlich, die relative Luftfeuchte muss dafür jedoch extrem niedrig sein ($\ll 30\%$ relative Luftfeuchte, [McIntyre 1980], S. 280).

Offensichtlich führen niedrige relative Luftfeuchten eher bei warmen Bedingungen zu entsprechenden Beschwerden, welche sich jedoch mit sinkenden Temperaturen verringern. [McIntyre 1980] zitiert beispielsweise eine Feldstudie, bei der nur ca. 40 % der Befragten eine relative Luftfeuchte von 25 % bei 23 bis 24 °C Lufttemperatur als angenehm empfanden, sich dieser Prozentsatz jedoch bei einer Lufttemperatur von 21 bis 22 °C (ebenfalls 25 % relative Luftfeuchte) auf ca. 75 % steigern ließ. Dieser Anstieg ist nicht mit dem geringfügig unterschiedlichen Dampfdruck bei den verglichenen Temperaturen begründbar (welcher verantwortlich für die Verdunstungsrate ist).

Der subjektive Eindruck, dass eine hohe relative Feuchte den Kälteeindruck verstärkt („feuchte Kälte“) ist experimentell nicht nachweisbar und außerdem physiologisch widersprüchlich: Hohe relative Luftfeuchten führen im Winter tendenziell zu einer geringeren Verdunstung von Körperfeuchtigkeit (und daher auch zu einem geringeren Trinkbedürfnis) und somit zu einem entsprechend geringeren Wärmeverlust. [McIntyre 1980] weist jedoch in diesem Zusammenhang darauf hin, dass ein erhöhter Feuchtegrad der Kleidung (ausgelöst durch

einen hohen Feuchtegehalt in der Luft) deren Dämmwirkung verringert und ihr gleichzeitig durch Verdampfung Wärme entzieht. Beide Effekte setzen jedoch voraus, dass zunächst Feuchtigkeit innerhalb der Kleidung kondensiert.

E.i) Zegerscheinungen

Die Luftbewegung relativ zur Körperoberfläche spielte bereits bei der Prognose der Ganzkörperbehaglichkeit eine Rolle. Sie bestimmt in der PMV-Gleichung den konvektiven Wärmeaustausch C des Körpers mit der Umgebung und kann dabei entweder durch Auftriebskräfte, die am Körper wirken, oder durch Luftbewegungen, die von außen aufgeprägt werden (Ventilator, Durchzug), verursacht werden. Zusätzlich beeinflusst die relative Luftbewegung die Verdunstungsrate des Schweißes von der Haut, was jedoch in den PMV-Gleichungen nicht berücksichtigt ist. Luftbewegungen können sich also positiv (durch Erhöhung der Konvektionsverluste bei warmen und Verringerung bei kalten Bedingungen) oder negativ (durch Verringerung der Konvektionsverluste bei warmen und Erhöhung bei kalten Bedingungen) auf die Ganzkörperbehaglichkeit auswirken.

Luftbewegungen können jedoch auch zu Zegerscheinungen führen, die unabhängig von der Ganzkörperbehaglichkeit die lokale Empfindung von Unbehaglichkeit bewirken können. Die [Norm DIN EN ISO 7730 2006] gibt die Abhängigkeit der Unzufriedenheitsrate (DR: Draught Rating, Anteil der Unzufriedenen in Folge von Zegerscheinungen) mit folgender Gleichung an:

$$DR = (34 - t_a) \cdot (v - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v \cdot Tu + 3,14) \quad \text{für } 20 \text{ °C} < t_a < 26 \text{ °C}, v \leq 0,5 \text{ m/s}, 10 \% < Tu < 60 \%$$

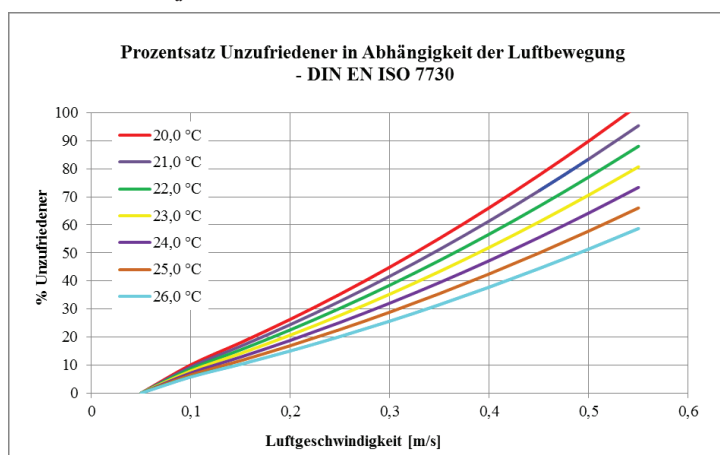


Abbildung 55

Prozentsatz Unzufriedener in Abhängigkeit der Luftgeschwindigkeit und der Lufttemperatur, Quelle: [Norm DIN EN ISO 7730 2006].

Laborexperimenten wurden Versuchspersonen drei unterschiedlichen Temperaturen (20 °C, 23 °C und 26 °C) ausgesetzt, wobei die Luftgeschwindigkeit stufenweise von 0,05 m/s bis 0,4 m/s erhöht wurde und mit drei unterschiedlichen Turbulenzgraden durch einen gerichteten Diffusor eingebracht wurde. Die Versuchspersonen wurden in der ersten Phase des Versuchs gebeten, ihre Bekleidung soweit der Temperatur anzupassen, dass sie die thermischen Umgebungsbedingungen als neutral empfinden. Danach erst wurde die Geschwindigkeit der Luft stufenweise erhöht, sodass näherungsweise davon ausgegangen werden kann, dass die während des Versuchs empfundene thermische Unbehaglichkeit von Zegerscheinungen, jedoch nicht von der Ganzkörperunbehaglichkeit herrühren (wobei hier einer der vielen Kritikpunkte ansetzt, nämlich, dass die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit erheblichen Einfluss auf die Ganzkörperbehaglichkeit aufweist und somit die thermische Ganzkörperneutralität während des Experiments nicht gewahrt bleibt).

Der Aufbau der Experimente von Fanger demonstriert u.a. die Sichtweise auf die Auswirkung erhöhter Luftgeschwindigkeiten: Sie werden vornehmlich als störend kategorisiert, was nicht der alltäglichen Erfahrung entspricht. Insbesondere unter sehr warmen Bedingungen kann eine erhöhte Luftgeschwindigkeit eben auch als angenehm kühlend empfunden werden.

Es gehen also die Größen Umgebungslufttemperatur t_a , die Luftgeschwindigkeit v und der Turbulenzgrad der Luft Tu in die Gleichung ein. Gleichzeitig beschränkt sich die Gleichung auf Personen mit sitzender Tätigkeit (d.h. geringer Wärmeproduktion) und bezieht sich im Wesentlichen auf Zegerscheinungen, die im Nacken empfunden werden. Bei höheren Aktivitätsgraden und bei wärmeren als neutralen thermischen Umgebungsbedingungen ist der Effekt geringer.

Einmal mehr geht diese Gleichung im Wesentlichen auf Arbeiten von Fanger zurück, insbesondere [Fanger & Christensen 1986] und [Fanger et al. 1988b]. Im Rahmen von

Um herauszufinden, in welchem Maß die lokale Unbehaglichkeit durch Zegerscheinungen vom thermischen Ganzkörperempfinden abhängt, haben [Toftum & Nielsen 1996] Versuchspersonen bei einem thermischen Ganzkörperempfinden von „neutral“ und „slightly cool“ (bei zwei verschiedenen Temperaturen jeweils durch Anpassung der Kleidung erreicht) hinsichtlich der Zugempfindlichkeit bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten getestet. Dabei zeigte sich die Tendenz, dass je kälter das Ganzkörperempfinden war, die Versuchspersonen umso empfindlicher auf Zegerscheinungen reagierten. [Arens et al. 1998] konnten außerdem in Laborexperimenten zeigen, dass hohe Luftgeschwindigkeiten (bis zu 1,4 m/s während des Versuchs) gut geeignet sind, um die negative Auswirkung hoher Temperaturen (bis zu 31 °C während des Versuchs) auszugleichen und dadurch zu einem neutralen Ganzkörperempfinden zu gelangen, ohne dass die Luftbewegung selber als all zu unangenehm empfunden wird. Weitere Diskussionen und Hinweise auf weitere Studien finden sich z.B. in [Charles 2003].

5.4.3.6.4 Psychophysik der olfaktorischen und der allgemeinen chemosensorischen Empfindung und Bewertung

Im Abschnitt 4.3.3.1 auf Seite 77 wurde die Luftqualität als eine materielle Umgebungsbedingung identifiziert, die in der Tagesabläuferzählung auftaucht und daher offenbar das Interaktionsverhalten des Gebäudenutzers beeinflussen kann. Ein wesentlicher Hinweis in diesem Zusammenhang bestand darin, dass sich der übliche Sprachgebrauch häufig direkt auf den Geruchssinn bezieht. Da die Beschreibung der Luftqualität jedoch nicht nur den Geruchssinn, sondern ebenfalls die allgemeine Chemosensorik umfasst, wird hier nicht alleine von der Psychophysik der olfaktorischen, sondern zusätzlich von der Psychophysik der chemosensorischen Wahrnehmung gesprochen.

Die Olfaktometrie für sich gesehen ist bereits ein sehr umfangreiches Feld, dessen grundlegende Darstellung hier nicht annähernd möglich und auch nicht gerechtfertigt ist. Gleiches gilt für die allgemeine Chemosensorik. Die Anzahl der in der Luft vorhandenen Substanzen ist darüber hinaus praktisch beliebig hoch, [Awbi 1995] zitiert z.B. das Vorhandensein von mehr als 8000 chemischen Substanzen in der Raumluft. Aus dieser Perspektive erscheint es zunächst unangebracht, zwei so umfangreiche Themen bei einer gleichzeitig so hohen Anzahl potenziell reizauslösender Stoffe gemeinsam betrachten zu wollen. Dennoch macht diese Zusammenfassung Sinn, da es eine im Sinne dieser Arbeit verbindende Klammer gibt: In beiden Fällen steht dem Gebäudenutzer die Möglichkeit offen, die Luft im Innenraum auszutauschen, z.B. durch Fensterlüftung, und damit auf die Wahrnehmung dieser chemischen Substanzen zu reagieren.

Dies führt zu einer wesentlichen Begrenzung des Themas: Nur jene Eigenschaften der Luftqualität spielen hier eine Rolle, von denen plausiblerweise angenommen werden kann, dass sie handlungsrelevant im Sinne dieser Arbeit sind. Handlungsrelevanz im Sinne dieser Arbeit bedeutet, dass Veränderungen der Eigenschaften der Luftqualität grundsätzlich in der Lage sein müssen, *Störungskorrekturhandlungen* des Nutzers zu initiieren. Muss ein Individuum aufgrund der Luftqualität - z.B. wegen krankheitserregender Luftbestandteile - den Arzt aufsuchen, so ist die Luftqualität zwar handlungsrelevant, jedoch nicht im Sinne dieser Arbeit. Manche Eigenschaften der Luft bewirken möglicherweise beide „Arten“ von Handlung: Erhöhtes Pollenaufkommen veranlasst einen Allergiker vermutlich dazu, das Fenster im Sommer häufiger zu schließen *und* den Arzt aufzusuchen, um sich ein Antihistamin verschreiben zu lassen. Nur die erstgenannte Handlung ist im Sinne dieser Arbeit von Belang.

Das Kriterium für die Auswahl der hier beschriebenen, in der Luft enthaltenen Stoffe ist also, dass die Auswirkungen einer Exposition innerhalb einer „bestimmten Zeitspanne“ durch das Individuum wahrnehmbar ist und diese Wahrnehmung von der Intensität der Stoffeigenschaften abhängen muss (siehe Abschnitt 4.3.3.2 auf Seite 78). Diese Eigenschaften können also den momentanen mentalen Zustand des Individuums (Abschnitt 4.3.6.6 auf Seite 113, z.B. Müdigkeit, Schmerzempfinden) beeinflussen. Welcher Zeitraum zwischen Exposition und Wahrnehmung maximal liegen darf, damit die Wahrnehmung im Sinne dieser Arbeit handlungsrelevant ist, lässt sich nicht ohne Weiteres konkretisieren. Sicherlich zählen jedoch Krankheitsfolgen, die erst Jahre später auftreten, nicht zu dieser Kategorie.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft gibt regelmäßig die sogenannte MAK-Liste aus (z.B. [DFG 2010]). Sie demonstriert die Fülle der gängigen, luftgetragenen chemischen Substanzen, die prinzipiell an einem Arbeitsplatz vorkommen können. Die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) ist als die maximale Konzentration von Gasen, Dämpfen und Partikeln definiert, welche weder zu bekannten nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit des Arbeitnehmers führt, noch eine unangemessene Belästigung („unreasonable annoyance“) für das Individuum darstellt. Zu letzterem zählt das Auftreten von Gerüchen und anderen, nicht gesundheitsgefährdenden, sensorischen Irritationen (z.B. tränende Augen). Ausdrücklich werden Gerüche und sensorische Irritationen als potenziell maßgeblich für die Grenzwertgebung genannt. Eine stichprobenartige Suche in der Onlineversion der „MAK Collection for Occupational Health and Safety“ ([DFG 2012]) nach den Stichwörtern „Geruch“/ „odour“ und „sensorische Irritation“/ „sensory irritation“, jeweils im Zusammenhang mit dem Begriff „MAK“, ergab insgesamt 179/151 bzw. 8/25 Substanzen mit einer entsprechenden Kennung. Dies belegt die enorme Anzahl der potenziell für Interaktionshandlungen verantwortlichen Stoffe in der Luft, die im Rahmen dieser Arbeit offensichtlich nicht vollständig berücksichtigt werden kann. Viele dieser Stoffe resultieren jedoch primär aus industriellen Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen und sind daher nur für eine begrenzte Anzahl von Gebäudetypen - primär Industrieanlagen - von Bedeutung. Die erforderliche Beschränkung der betrachteten Stoffe erfolgt hier deshalb durch eine Auswahl von Stoffen und Substanzen, die insbesondere im Bereich des *Büroarbeitens* auftreten.

Aufgrund der hier grob dargestellten Zusammenhänge bietet sich eine Einteilung anhand der *Wirkung* auf die Sensorik und nicht anhand der chemischen *Stoffzusammensetzung* an. Es wird also - wie der Kapitelüberschrift zu entnehmen ist - zwischen *Gerüchen* und der Summe aller anderen *sensorischen Irritationen*, die durch chemische Stoffe ausgelöst werden können, differenziert. Diese Einteilungssystematik wird durch die Tatsache unterstützt, dass der Zusammenhang zwischen der chemischen Struktur und dem Geruch häufig nicht eindeutig ist. Chemisch sehr ähnliche Stoffe können zu sehr unterschiedlichen Gerüchen und chemisch sehr unterschiedliche Stoffe zu sehr ähnlichen Gerüchen führen ([Stroh 2005]). Eine Klassifikation ausschließlich nach der chemischen Struktur bietet sich daher auch aus diesem Grund nicht an.

5.4.3.6.4.A Gerüche

In der Umwelt existieren zahlreiche Quellen für Gerüche, die sich im Sinne des Abschnitts 4.3.5.1.1 auf Seite 95 (Verwendung von Ortsattributen) in Innenraumquellen und Außenraumquellen aufteilen lassen. Aversive Gerüche aus dem Innenraum lassen sich durch Lüftung entfernen, während aversive Gerüche aus dem Außenraum sich abhalten lassen, indem auf Lüftung verzichtet wird. Je nach Auftretensort sind also entgegengesetzte Handlungen geboten (Regulationsrichtung, Abschnitt 4.3.10.4.2 auf Seite 161).

Quellen für Gerüche im Außenraum sind häufig Gewerbebetriebe: Abfallwirtschaft, Landwirtschaft bzw. Tierkörperverwertung, Nahrungs- und Genussmittelindustrie, chemische Industrie, Kohle- und Stahlindustrie, Gummi- und Papierindustrie. Hinzu kommen Geruchsbelastungen aus dem Fahrzeugverkehr. Innenraumquellen sind genauso vielfältig: Biochemische Prozesse bei der Zersetzung von Schweiß und die Aktivität von Talgdrüsen führen zu Körpergeruch, nutzungstypische Prozesse wie z.B. Kochen führen zur entsprechenden Geruchsbelastung. Hinzu kommen unspezifische Quellen wie Tabakrauch oder Schimmelpilze. Eine weitere Quelle für Gerüche können Ausdünstungen sein, die von der Ausstattung des Innenraums herrühren. Dazu zählen Farben und Lacke bzw. deren flüchtige Lösemittel, typische „Neugerüche“ von Bodenbelägen oder ihrer Klebstoffe wie Teppiche, Linoleum oder Korkböden oder Holzschutzmittel aus dem Mobiliar ([Stroh 2005]). Zu einem erheblichen Teil handelt es sich bei den Geruchsquellen um Reizstoffe, die neben der Geruchsbelastung zu sensorischen Reizungen und/oder Gesundheitsschädigungen führen können.

Verschiedene Gesetze und Verordnungen regeln die Begrenzung von Gerüchen im Außenraum. Die „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ ([TA Luft 2002]), als erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionschutzgesetz ([BImSchG 1974]), regelt beispielsweise „die Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geruchsemissionen“ von Anlagen. Sie dient also dazu, Emissionen von Anlagen zu begrenzen. Die „Geruchsimmissions-Richtlinie“ (z.B. [Richtlinie GIRL 2008]), die von den Bundesländern

herausgegeben wird, regelt hingegen die zulässigen Geruchsimmissionen in einem bestimmten Gebiet. Sie dient also dem Schutz schutzbedürftiger öffentlicher Bereiche durch eine entsprechende Begrenzung der Immissionen. Beide Regelungen zur Begrenzung des Geruchsaufkommens zeigen, dass Gerüche als Belästigung eingestuft werden und ein Individuum i.d.R. dazu neigen wird, die Geruchsintensität durch entsprechende Individualhandlungen zu begrenzen.

Die Beurteilung und Bewertung von Gerüchen erfordert eine zuverlässige Klassifizierung, d.h. eine reproduzierbare Möglichkeit, Eigenschaften von Gerüchen eindeutig zu beschreiben. Während jedoch physikalische Größen wie z.B. die Temperatur messbar sind, sind Gerüche per definitionem nicht unmittelbar messbar, da sie keine physikalische oder chemische Größe, sondern Sinneseindrücke darstellen (genauso wenig wie die thermische Wahrnehmung direkt mit Messgeräten messbar ist). Messbar sind hingegen chemische Verbindungen, wofür Methoden wie die Gaschromatografie, die Thermodesorption, Massenspektroskopie oder Multigassensoren zur Verfügung stehen ([Bitter et al. 2004]). Die Verfahren sind jedoch aufwendig und erfordern eine genaue Kenntnis darüber, welche chemische Verbindung zu welcher Geruchsempfindung führt. Die Verfahren werden außerdem umso ungenauer, je mehr Geruchsstoffe in der Luft gleichzeitig vorhanden sind. Die Reizschwelle mancher Gerüche liegt zudem gelegentlich unterhalb des Messbereichs dieser Messverfahren.

Es ist daher üblich, Gerüche auf der Basis semantischer Skalen zu quantifizieren. Die [Norm DIN EN 13725 2003] beschreibt hierfür drei Dimensionen: die Wahrnehmbarkeit bzw. Wahrnehmungsintensität, die Qualität und die hedonische Wirkung. Diese Begriffe werden nachfolgend erläutert.

Nach [Norm DIN EN 13725 2003] bezieht sich die *Wahrnehmung* „auf die theoretische Mindeststärke des Geruchsreizes, der zur Wahrnehmung in einem bestimmten Prozentsatz der Bevölkerung erforderlich ist.“ Als Norm für die Wahrnehmungsschwelle gilt, dass 50 % eines Prüferpanels den Geruch bei der dargebotenen Konzentration als Sinnesreiz wahrnehmen können müssen. Die Geruchsstoffkonzentration an dieser Schwelle wird per definitionem als $1 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ (eine Europäische Geruchseinheit pro Kubikmeter) bezeichnet. Die [TA Luft 2002] schreibt die Grenzwerte der Geruchsemissionen in dieser Einheit vor. Die *Intensität* der Geruchsempfindung in Abhängigkeit der Geruchsstoffkonzentration kann dann durch das Weber-Fechner-Gesetz oder das Stevens-Gesetz bestimmt werden (siehe 5.4.3.6.2 auf Seite 238).

Auch wenn es gelingt, die Intensität der Geruchsempfindung anhand der psychophysikalischen Gesetze zu bestimmen, so ist das Phänomen „Geruch“ jedoch noch nicht ausreichend beschrieben. Eine der wesentlichsten Eigenarten des Geruchs ist seine *Qualität*. Um diese zu klassifizieren, sind in der Vergangenheit zahlreiche Systeme entstanden. Die Identifikation primärer Gerüche bzw. Geruchsnoten geht auf J.E. Amoore zurück. Anfang der 1950er stellte er die „stereochemical theory of olfaction“ auf. Ausgehend von dem Wissen, dass die Geruchsähnlichkeit nicht mit der Identität oder Ähnlichkeit chemischer Strukturen einhergeht, fand er empirische Hinweise dafür, dass für die Geruchswirkung Molekülform und –durchmesser entscheidend sind. Darauf basierte seine klassische Einteilung in kampferähnliche, moschusartige, blumenduftartige, mentholartige, ätherische, beißende und faule Geruchsnoten (vgl. z.B. [Amoore 1963]). Da jedoch Fragen offen blieben, wurden weitere Theorien entwickelt, auch von Amoore selber. So ergab die Analyse spezifischer Anosmien die Gesamtanzahl von insgesamt 32 anstelle von sieben Grundgeruchsnoten ([Amoore 1977]). Eine spezifische Anosmie ist das Fehlen der Fähigkeit einen spezifischen Geruch wahrzunehmen und die Annahme besteht darin, dass jede spezifische Anosmie den Defekt eines Rezeptors für einen Grundgeruch darstellt. In [Schönhammer 2009] werden zusätzliche Systematiken wie diejenige von P. Jellinek und J.S. Jellinek genannt. Die zahlreichen, sich unterscheidenden Ordnungsmethoden zeigen jedoch, dass die Klassifikation der Qualität nicht unproblematisch ist und es ihr an Eindeutigkeit fehlt.

Eindeutiger - und im Sinne dieser Arbeit von vorrangiger Bedeutung - ist hingegen die Bewertung von Gerüchen, also die Feststellung, ob der Geruch als eher angenehm oder als eher unangenehm empfunden wird. Hierbei spricht man von der *hedonische Wirkung* des Geruchs. Die [Richtlinie VDI 3940-4 2010] beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der hedonischen Wirkung mittels Polaritätenprofil. Bei diesem Polaritätenprofil handelt es sich um 29 gegensätzliche Adjektivpaare (z.B. „dumpf-stechend“, „vergnügt-missmutig“), die dem Testgeruch auf einer siebenstelligen, numerischen Skala („3-2-1-0-1-2-3“) zugeordnet werden sollen. Dabei

soll diejenige Ziffer gewählt werden, welche die eigene Vorstellung von dem Duft am besten repräsentiert, wobei „0“ einem „weder noch“ entspricht. Nachdem alle Werte mit einem „Hedonik-Faktor-Score“ multipliziert werden, lassen sich daraus Polaritätenprofile erstellen.

Für die Konzepte „Duft“ und „Gestank“ liegen repräsentative Profile vor, mit denen die für den spezifischen Geruch entwickelten Profile durch Produkt-Moment-Korrelation verglichen werden können. Je mehr das erstellte Profil mit dem Profil „Duft“ korreliert, als umso angenehmer wird der Geruch eingestuft. Umgekehrt, je mehr das erstellte Profil mit dem Profil „Gestank“ korreliert, als umso unangenehmer wird der Geruch eingestuft.

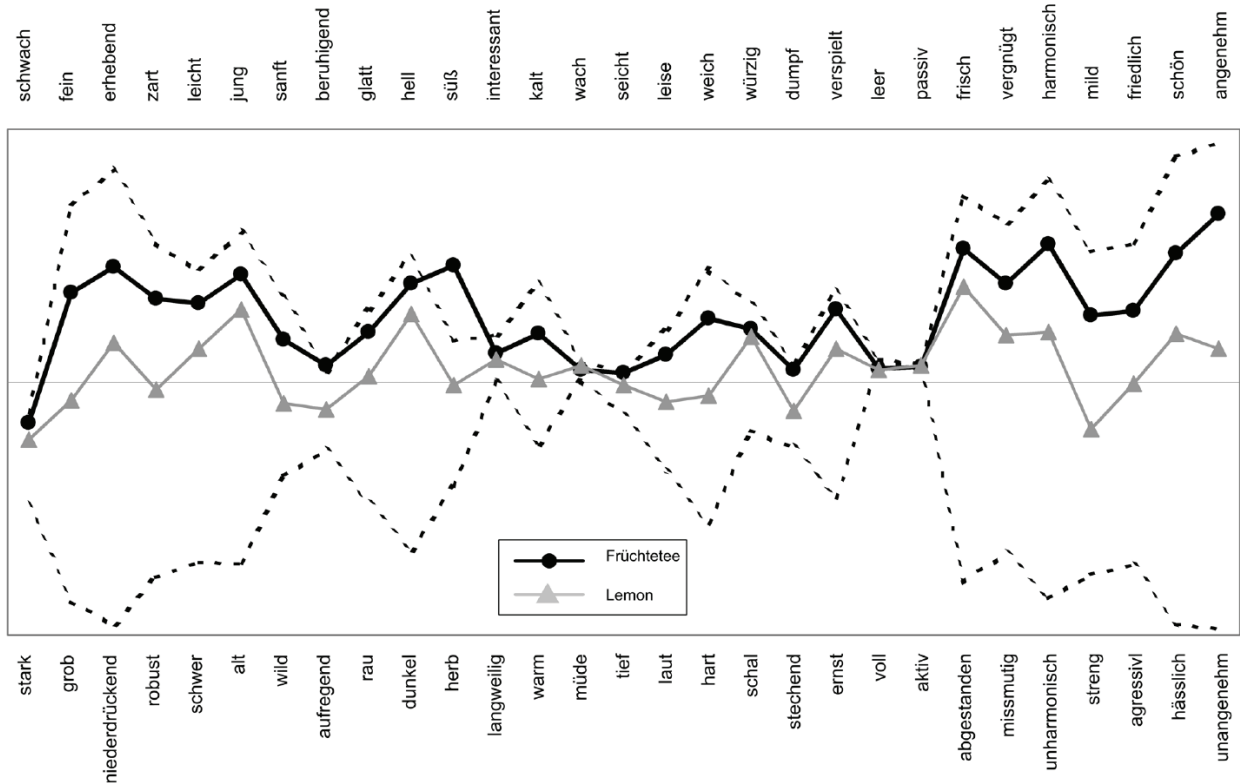


Abbildung 56 Hedonische Zuordnung von zwei Beispielgerüchen im Vergleich mit den Konzepten „Gestank“ (untere gestrichelte Linie) und „Duft“ (obere gestrichelte Linie). Die horizontale Linie in der Mitte stellt den Punkt der Indifferenz dar („weder noch“). Quelle: [Richtlinie VDI 3940-4 2010].

Abbildung 56 aus [Richtlinie VDI 3940-4 2010] zeigt beispielhaft die Einordnung der Gerüche „Früchtetee“ und „Lemon“ im Vergleich zu den Profilen „Gestank“ (gestrichelte Linie, untere Hälfte) und „Duft“ (obere Hälfte).

Dieser Bezug zur Hedonik und die Art der verwendeten Adjektive weist darauf hin, dass Gerüche einen starken Bezug zur Emotion haben. [Schönhammer 2009] schreibt entsprechend, dass Riechen und Affektleben nicht voneinander zu trennen sind und bezeichnet das Riechen als „anti-intellektuellen Sinn“. Es entspricht der alltäglichen Erfahrung, dass emotionale Erlebnisse häufig mit den gleichzeitig wahrgenommenen Gerüchen verknüpft werden und Erinnerungen an diese Erlebnisse durch das Wiedererleben des Geruchs wachgerufen werden können. Außerdem ist die Bewertung der Gerüche von der momentanen Bedürfnislage abhängig: Für hungrige Individuen riechen Nahrungsmittel i.d.R. verlockender als für satte ([Schönhammer 2009]). erinnert der Geruch jedoch an ein Lebensmittel, das man in der Vergangenheit einmal verdorben zu sich genommen hat, so wirkt der Geruch üblicherweise abstoßend. [Hellbrück & Fischer 1999] verweisen darüber hinaus auf Studien über die negative Auswirkung unangenehmer Gerüche (Verlangsamung der Reaktionszeiten, Konzentrationsschwierigkeiten, allgemeine Befindlichkeitsstörungen), die positive Auswirkung angenehmer Gerüche (z.B. effizientere Arbeitsstrategien) und den allgemeinen Einfluss von Gerüchen auf physiologische Funktionen wie Blutdruck, Herzfrequenz und Muskelanspannung.

Offensichtlich ist also, dass eine einfache, allgemeingültige Beschreibung der hedonischen Qualität nicht möglich ist, da die Bewertung vom Individuum und weiteren Kontextfaktoren abhängt.

Gegebenenfalls ist es jedoch verlässlicher möglich, die störenden Aspekte von Geruch zu generalisieren, als die positiven (welche sich möglicherweise durch negative Ereignisse verändern können, während „Gestank“ vermutlich immer „Gestank“ bleiben wird). [Fanger 1988] hat, äquivalent zur PD-Systematik in der thermischen Behaglichkeit, ein PD-Konzept mit Bezug auf die Wahrnehmung und Bewertung störender Gerüche entwickelt. Da es auch für ihn nicht möglich war, Geruch auf eine einfache, physikalisch oder chemisch messbare Einheit zu reduzieren, hat er als Standardeinheit für die Stärke der Geruchsquelle die *Geruchsemissionsrate einer Standardperson* („emission rate of air pollutants“) festgelegt. Als Standardperson ist wiederum eine Person definiert, die sich bei sitzender Tätigkeit in thermischer Ganzkörperneutralität befindet und den hygienischen Standard von 0,7 Bädern pro Tag und täglich wechselnder Unterwäsche erfüllt. In Ermangelung einer physikalisch sinnvollen Einheit wurde diese Einheit „Olf“ genannt (von lat. olfactus), wobei 1 Olf die Stärke der *Referenzemissionsquelle* darstellt. Es sei darauf hingewiesen, dass die Einheit Olf einer theoretischen Einheit „Menge/Zeiteinheit“ entspricht. Die Größe jeder anderen Emissionsquelle kann nun relativ zu der Referenzemissionsquelle beziffert werden.

Als zweite Einheit führte Fanger das „Pol“ (abgeleitet von lat. pollutio) ein. Diese Einheit beschreibt die *Verunreinigungskonzentration* der Luft C und wird mit

$$1 \text{ pol} = 1 \text{ olf}/(\text{l/s})$$

als 1 Olf Verunreinigung pro einem Liter Frischluftzufuhr pro Sekunde definiert. Die üblicherweise verwendete Einheit *Decipol* stellt somit 1 Olf Verunreinigung pro 10 Liter Frischluftzufuhr pro Sekunde dar. Auch hier sei noch einmal auf die Einheit hingewiesen: Die Konzentration eines Stoffs in einem anderen Stoff wird üblicherweise in der Einheit „Menge/Menge“, also z.B. Parts per Million (ppm), dargestellt. Diese Einheit ergibt sich auch für das Pol, wenn man berücksichtigt, dass die Zeiteinheit in die Einheit Olf bereits integriert ist.

Dass Fanger bei dem Phänomen Geruch lediglich die aversive Seite betrachtet, zeigt sich im Versuchsaufbau und dem daraus abgeleiteten Zusammenhang zwischen Geruchsintensität und Anteil der Unzufriedenen. Im Rahmen der Untersuchung wurde ein Auditorium, das mit mehr als 1000 Standardpersonen besetzt war, mit unterschiedlichen Lüftungsraten beschickt und die daraus entstehende Geruchskonzentration von 168 Personen beurteilt (kurz nach Betreten des Versuchsraums). Der Zusammenhang zwischen Unzufriedenen - also jenen, welche die Luftqualität als unakzeptabel eingestuft hatten - und der Verunreinigungskonzentration C ließ sich durch die folgenden Gleichungen ausdrücken:

$$PD = 395 \cdot \exp(-3,25 \cdot C^{-0,25}) \text{ für } C \leq 31,8 \text{ decipol, bzw. } PD = 100 \text{ für } C > 31,8 \text{ decipol}$$

Ein Decipol, d.h. eine Lüftungsrate von 10 l/s pro Standardperson führt demnach zu einer Luftqualität, mit der lediglich rund 15 % der Individuen unzufrieden sind.

Die Einheiten Decipol und Olf beziehen sich streng genommen nur auf die Beurteilung derjenigen Luftqualität, die durch menschliche Bioeffluenzen bestimmt wird. Fanger führt daher zusätzlich zur Verunreinigungskonzentration C auch die *empfundene Luftverunreinigung* ein (ebenfalls in der Einheit Decipol). Diese ist als diejenige Konzentration von Bioeffluenzen definiert, welche die gleiche Unzufriedenheit PD verursacht wie die aktuelle, betrachtete Luftverunreinigung

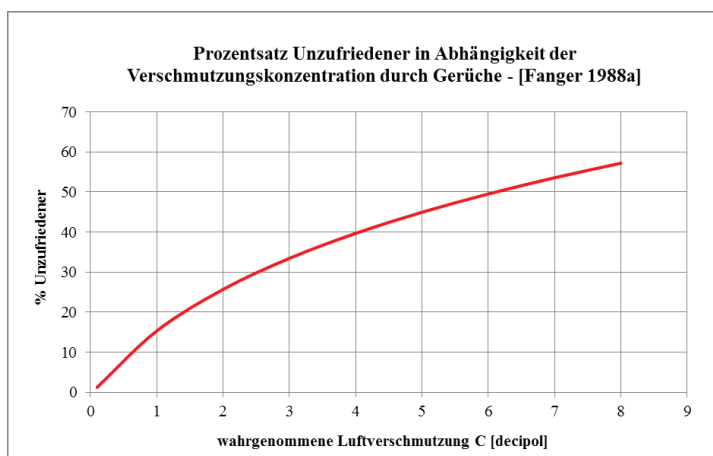


Abbildung 57

Zusammenhang zwischen wahrgenommener Luftverschmutzung und Prozentsatz unzufriedener Individuen, Quelle: [Fanger 1988].

(welche durch andere Quellen verursacht sein kann). Diese Definition ist die Grundlage für die Übertragbarkeit des Konzepts auf Verunreinigungsquellen und von ihnen verursachte Verunreinigungskonzentrationen, deren Zusammensetzung von derjenigen der Emissionen der Standardpersonen abweicht. Es kann also zwischen einer „technischen Verunreinigungskonzentration“ C_{tech} und einer „empfundenen Verunreinigungskonzentration“ C_{ψ} unterschieden werden. Per definitionem sind die technische Verunreinigungskonzentration und die empfundene Verunreinigungskonzentration im Falle der Verunreinigung ausschließlich durch menschliche Bioeffluenzen identisch.

In einer umfangreichen Feldstudie, die insgesamt 20 Gebäude umfasste, hat [Fanger et al. 1988a] die Luftqualität verschiedener Räume durch Begehung und Bewertung durch insgesamt 54 Personen („judges“) untersucht. Dabei wurde jeweils von dem Prozentsatz Unzufriedener auf die empfundene Verunreinigungskonzentration geschlossen und durch Messung der Lüftungsrate die Größe der Verunreinigungsquelle in Olf bestimmt. Da die Räumlichkeiten sowohl im besetzten als auch im unbesetzten Zustand begangen und bewertet wurden, konnte zwischen verschiedenen Verunreinigungsquellen differenziert werden: So stellte sich heraus, dass neben Personen auch das Mobiliar und das Belüftungssystem erheblich zur Geruchsbelastung beitragen. Auch die Anwesenheit von Rauchern führte erwartungsgemäß zu einem Anstieg der gesamten Geruchsbelastung.

Dies führte zu der Frage der Quantifizierung von Emissionen, die in ihrer Zusammensetzung von den Emissionen der Standardperson abweichen (dadurch bewirkte, empfundene Luftqualität) und der Frage, ob sich die Gerüche verschiedener Quellen additiv verhalten. In einer Untersuchung mit einem trainierten Prüferpanel konnten [Bluyssen & Fanger 1991] zeigen, dass sich die Geruchswirkung so unterschiedlicher Quellen wie z.B. Teppich, Linoleum, Zeitungen oder Zigarettenstummel in Olf ausdrücken lässt und sich die einzelnen Quellen, ohne größere Fehler zu riskieren, addieren lassen. Dabei wurden z.B. definierte Mengen zweier Materialien (z.B. Teppich und Linoleum) getrennt untersucht und die jeweils verursachte, empfundene Luftqualität in Decipol bestimmt (unter Verwendung einer definierten Belüftungsrate zur Verdünnung und durch Vergleich mit der Standardgeruchsquelle 2-Propanon). Somit war - ohne dass die technische Verunreinigungskonzentration C_{tech} konkret beschrieben werden konnte - die empfundene Verunreinigungskonzentration C_{ψ} bekannt. Von dieser konnte auf die Stärke der Verunreinigungsquelle in Olf zurückgerechnet werden und auf eine konkrete Eigenschaft der Verunreinigungsquelle bezogen werden (z.B. die Fläche des Teppichs: olf/m²). Anschließend wurden beide Materialien gemeinsam untersucht, die kombiniert verursachte, empfundene Luftqualität wiederum bestimmt und davon auf die Stärke der kombinierten Verunreinigungsquelle geschlossen.

Diese Untersuchung weist jedoch einen methodischen Fehler auf. Dieser liegt darin, dass die empfundene Luftqualität lediglich bei einer einzigen Verdünnungsrate (d.h. bei einer einzigen realen technischen Konzentration C_{tech} des Geruchs) bestimmt wurde und von diesem Verhältnis ausgehend auf die äquivalente Stärke der Geruchsquelle in der Einheit Olf geschlossen wurde. Dieses Vorgehen setzt voraus, dass das Verhältnis zwischen der technischen Verunreinigungskonzentration C_{tech} und der empfundenen Verunreinigungskonzentration C_{ψ} konstant ist. Wird also beispielsweise unter den Versuchsbedingungen festgelegt, dass der untersuchte Teppich eine Quellstärke von 0,1 olf/m² Teppichfläche aufweist, so ist das gleichbedeutend mit der Behauptung, dass sich die empfundene Verunreinigungskonzentration mit der Fläche des Teppichs skalieren lässt: 10 m² Teppich würden demnach zu einer doppelten so hohen empfundenen Verunreinigungskonzentration führen wie 5 m² Teppich. Dies trifft jedoch lediglich für die technische Verunreinigungskonzentration zu und widerspricht dem Potenzgesetz von [Stevens 1962] (siehe Einleitung zum Abschnitt 5.4.3.6.2 auf Seite 238): Die lineare Proportionalität zwischen physikalischem Reiz (in diesem Fall C_{tech}) und der psychologischen Wirkung (in diesem Fall C_{ψ}) ist nach diesem Potenzgesetz lediglich dann gegeben, wenn der Exponent n gleich Eins ist.

[Knudsen et al. 1997] weisen daher zurecht auf die Zusammenfassung von [Patte et al. 1975] hin, in der die Exponenten n der Stevens-Gleichung für insgesamt 110 Geruchssubstanzen aufgeführt werden. Die aufgeführten Exponenten variieren erheblich. [Knudsen et al. 1997] zeigen dann auch entsprechend, dass sich die empfundene Verunreinigungskonzentration durch Baumaterialien erheblich von der empfundenen Ver-

unreinigungskonzentration durch Bioeffluenzen unterscheiden kann. Den physikalischen Reiz - äquivalent zu dem hier verwendeten Begriff der technischen Verunreinigungskonzentration - stellen sie in ihrer Untersuchung als Fläche des Materials (z.B. Teppich, Linoleum, PVC) bezogen auf die Belüftungsrate dar. Dabei kann ohne Weiteres davon ausgegangen werden, dass dieser Wert proportional zu der sich einstellenden technischen Verunreinigungskonzentration und somit lediglich in einer anderen Einheit dargestellt ist. Wird dieser Wert auf der Abszisse und die empfundene Verunreinigungskonzentration auf der Ordinate aufgetragen, so ergeben sich für verschiedene Materialien unterschiedliche Abhängigkeiten. Die Darstellungen ähneln in dieser Form den nicht-logarithmischen Darstellungen von [Stevens 1962].

Andere Untersuchungen sind ebenfalls zu dem Ergebnis gekommen, dass Verunreinigungen durch Materialien nicht zwingend identisch wahrgenommen werden wie Verunreinigungen durch Bioeffluenzen. [Yeganeh et al. 2006] zeigten z.B., dass *kein* signifikanter Unterschied zwischen der Wahrnehmung von Bioeffluenzen, gestrichenem Gipskarton und Linoleum besteht. Zwischen Bioeffluenzen und dem untersuchten Teppich hingegen bestanden große und signifikante Unterschiede in der Bewertung durch die Versuchspersonen in Abhängigkeit der Geruchskonzentration. Außerdem untersuchten [Yeganeh et al. 2006] die Addierbarkeit verschiedener Verunreinigungsquellen. Dafür ließen Sie die Verunreinigung von jeweils zwei unterschiedlichen Proben bewerten, die a) in einer gemeinsamen Kammer gelagert waren, verglichen dieses Ergebnis mit der Bewertung b) eines aus zwei getrennten Kammern (mit je einer Probe pro Kammer) abgeleiteten und dann gemischten Luftstroms und c) zusätzlich noch mit den getrennt voneinander untersuchten Einzelverunreinigungen. Für die von ihnen untersuchten Proben galt, dass sich die Stärke der Verunreinigung in Olf von zwei unterschiedlichen Materialien addieren lässt. D.h., die addierte Verunreinigungsstärke der einzeln betrachteten Proben und die Verunreinigungsstärke der gemischten Proben führten zu keiner signifikant unterschiedlichen Bewertung.

Insgesamt ergibt sich das Bild, dass in der praktischen Anwendung des fangerschen PD-Konzepts die Verunreinigungsstärke unterschiedlicher Quellen stets auf die Größe Olf zurückgeführt wird. Dies geschieht unabhängig davon, ob die entstehenden Verunreinigungskonzentrationen tatsächlich ähnlich wahrgenommen werden wie die Verunreinigungskonzentration durch menschliche Bioeffluenzen. Der offensichtliche Vorteil dieses Vorgehens ist die Einfachheit und die Homogenität des Verfahrens und dessen breite Anwendungsmöglichkeiten. In [Wargocki 2004] sind unterschiedliche Anwendungsfälle dargestellt. Das Konzept wird dabei auf so unterschiedliche Quellen wie Individuen mit unterschiedlicher physischer Aktivität, den Einfluss von Tabakrauch, die Emissionen von Fernsehern und anderen elektrischen Geräten oder verschmutzte Kanäle, Filter oder Befeuchter von Klimaanlage bezogen.

5.4.3.6.4.B Reiz- und Schadstoffe in der Luft

Die Sensitivität der Schleimhäute gegenüber chemischer Stimulation, also die sensorische Reizung, wird dem allgemeinen chemischen Sinn („common chemical sense“, CCS) zugeordnet. Dieser Sinn führt zu keinem Riech- oder Geschmackserlebnis, sondern zu spezifischen Empfindungen an der Schleimhaut in Augen, Nase und Mund (obere Atemwege). Dazu zählen stechende, brennende, kribbelnde und prickelnde Empfindungen, die häufig als stechende („pungent“) Empfindungen zusammengefasst werden ([Cometto-Muñiz & Cain 1992]). Aspekte wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Konzentrationsschwäche, Mattigkeit, Ermüdung, Abgeschlagenheit zählen hingegen nicht zu den sensorischen Reizungen, sondern sind der toxischen Wirkung von Substanzen zuzuordnen.

Ursprünglich bezieht sich das im vorhergehenden Abschnitt beschriebene PD-Konzept Fangers nicht alleine auf die Wahrnehmung und Bewertung von Gerüchen, sondern ebenso auf diese sensorischen Reizungen und toxischen Auswirkungen. [Fanger 1988] bezieht sich beispielsweise neben Gerüchen auf „irritation of mucous membranes, headache, malaise“ als häufig genannte Symptome. Die Einführung der Einheit Olf und den Rückgriff auf die menschliche Nase als Sensor begründet Fanger damit, dass in der Nase neben dem olfaktorischen auch der chemische Sinn beheimatet ist, welcher empfindlich für die Wahrnehmung von „irritating compounds“ in der Luft ist.

Die praktische Anwendung des Konzepts und die entwickelten Prüfmethode legen jedoch die Vermutung nahe, dass das Olf-Decipol-Konzept primär für die Bewertung von Gerüchen verwendet wird. Beispielsweise wird in vielen Untersuchungen (z.B. [Fanger et al. 1988b]) explizit die Qualität und die Akzeptanz des Geruchs bei den Versuchspersonen abgefragt, nicht jedoch das Auftreten sensorischer Reizungen oder sonstiger Symptome. Die Methodik, die empfundene Verunreinigungskonzentration durch Vergleich mit einer Referenzquelle (2-Propanon) zu bewerten (z.B. [Bluyssen & Fanger 1991]) lässt ebenfalls darauf schließen, dass die olfaktorische Wirkung im Vordergrund steht. Insbesondere gilt dies, da der zeitliche Verlauf der Empfindungsstärke von Gerüchen auf der einen Seite und sensorischen Reizungen auf der anderen Seite in den meisten Fällen stark differiert: In allen Versuchsabläufen wird darauf geachtet, dass die Versuchspersonen der zu bewertenden Luftqualität nur kurzzeitig ausgesetzt sind, um eine Adaptation an die Intensität des Geruchs zu verhindern. Sensorische Reizungen sind jedoch eine Funktion der Zeit (siehe z.B. den zeitlichen Verlauf der Symptomatik in [Wargocki et al. 1999]), sodass zwischen kurzfristiger sensorischer Wahrnehmung (i.d.R. der Geruch eines Materials, < 1 Minute) und ausgelöster sensorischer Reizungen (Latenzzeit mehrere Minuten) eindeutig unterschieden werden muss ([Wolkoff et al. 2006]). Die zeitgleiche Bestimmung der Wahrnehmungsschwellen und individuellen Bewertungen von Gerüchen, sensorischen Reizungen und toxikologischen Symptomen ist daher systematisch ausgeschlossen. Die hier vorgenommene Betrachtungsaufteilung in Gerüche einerseits und Reiz- bzw. Schadstoffe andererseits ist daher offenbar berechtigt.

Im Rahmen dieses Abschnitts kann keine umfassende Darstellung des Forschungsstandes in Bezug auf das Aufkommen von Reiz- und Schadstoffen in Gebäuden und deren Wirkung auf die Gebäudenutzer erfolgen. Eine solche Darstellung würde den Rahmen sprengen und dadurch außerdem ein unangemessenes Gewicht in dieser Arbeit erhalten. Da jedoch nicht auszuschließen ist, dass sensorische Reizungen und toxische Wirkungen handlungsrelevant im Sinne dieser Arbeit werden können, soll auszugsweise auf beispielhafte Untersuchungsergebnisse eingegangen werden. Dabei soll insbesondere auf Darstellungen Bezug genommen werden, die

- *den Zusammenhang zwischen chemischem Reiz und psychologischer Wirkung („dose-response“, „concentration-response“) aufgreifen und*
- *die andererseits auf Substanzen Bezug nehmen, die innerhalb von Büro- oder Wohngebäuden auftreten können, sei es, da im Innenraum Quellen vorliegen oder da Substanzen in den Raum von außen hineingelüftet werden können.*

Die Relevanz dieser Darstellungen für diese Arbeit lässt sich an einfachen Beispielen demonstrieren: Kommt es z.B. zu sensorischen Reizungen, so ist die Annahme plausibel, dass der Nutzer diesem Zustand durch Lüften oder Verlassen des Raums entgegenzuwirken versucht. Hat er andererseits bereits die Erfahrung gemacht, dass der Aufenthalt in einem Raum sensorische Reizungen mit sich bringt, wird er diesen Raum möglicherweise - im Sinne einer pro-aktiven Vermeidungsaktivität (siehe Abschnitt 4.3.10.4.1 auf Seite 160) - vorsorglich meiden oder so früh zu einer Lüftung greifen, dass die sensorischen Reizungen gar nicht erst auftreten. All diese Aktivitäten des Nutzers wirken sich final auf den Energieverbrauch des Gebäudes aus.

Zu den häufigsten luftgelösten oder gasförmigen Reiz- und Schadstoffen in Gebäuden zählen Schwefeldioxid, Ozon, Stickstoffoxide, Kohlenstoffdioxid und flüchtige organische Substanzen ([Rietschel & Esdorn 2008]). Insbesondere das Auftreten von flüchtigen organischen Substanzen und von Kohlenstoffdioxid erfordert eine Betrachtung, da Erstere offenbar häufig die Ursache für Beschwerden sind, die auf das sogenannte „Sick Building Syndrom“ (SBS) zurückzuführen sind und Letzteres ein Stoffwechselprodukt des Menschen ist und damit immer als Innenraumquelle auftritt.

Flüchtige organische Substanzen (VOC, „volatile organic compound“), ist der Überbegriff für eine Reihe organischer (d.h. Kohlenstoff enthaltender), leicht- bis mittelschwerflüchtiger, dampf- oder gasförmiger Stoffe. Eine eindeutige Zuordnung ist nur bedingt möglich, eine häufig verwendete Klassifizierung ist jedoch die WHO Einteilung ([WHO 1989]). Hierbei werden die Substanzen nach der Flüchtigkeit in Abhängigkeit ihres Siedepunktes T_s unterschieden und in VVOC („very volatile“, $T_s < 50-100\text{ °C}$), VOC („volatile“, $50-100\text{ °C} < T_s < 240-260\text{ °C}$), SVOC („semivolatile“, $240-260\text{ °C} < T_s < 380-400\text{ °C}$) und POM („particulate organic matter“,

$T_s > 380 \text{ °C}$) unterteilt. Mit Bezug auf ihre Stoffklasse und ihre funktionelle Gruppe werden sie außerdem aus chemischer Sicht z.B. in aliphatische (z.B. Hexan, Heptan), alizyklische oder aromatische Kohlenwasserstoffe (z.B. Benzol, Toluol), Alkohole (z.B. Ethanol), Ester (z.B. Acetat), Ketone (z.B. Aceton) oder Aldehyde (z.B. Formaldehyd) unterteilt (weitere Gruppen existieren, siehe z.B. [WHO 1989]). Funktionelle Gruppen charakterisieren dabei die Stoff- und Reaktionseigenschaften der organischen Substanzen, denen sie anhängen ([IUPAC 2012]).

Außerhalb des Gebäudes sind Konzentrationen zu verzeichnen, die durch Kfz-Verkehr oder durch Gewerbebetriebe wie z.B. Reinigungen, Lackierereien oder Druckereien emittiert und durch Lüften in den Innenraum transportiert werden können. Jedoch sind auch im Innenraum zahlreiche Quellen vorhanden, die dann unter üblichen Umständen zu einer höheren Innen- als Außenkonzentration führen: Dazu zählen nach Angaben des Bayerischen Landesamtes für Umwelt ([Körner & Stroh 2008]) Lösemittel (in Klebstoffen, Lacken, Farben, Putzmitteln, u.v.m.), Baumaterialien und Einrichtungsgegenstände (z.B. Linoleum, Holzwerkstoffe, Korkfußböden, Dichtstoffen) oder auch Tabakrauch und Erdgas (Heizung, Ofen). Da sie flüchtig sind, verdampfen materialgebundene VOCs über die Zeit und können mit der Lüftung abgeführt werden. In solchen Fällen treten erhöhte Emissionen in der Regel nach dem Neubau oder nach Renovierungsmaßnahmen auf und fallen dann ab. Andere Emissionen sind tätigkeitsgebunden, wie z.B. Tabakrauch oder Erdgas, und treten entsprechend nutzungsbedingt auf.

Wie die chemische Aufteilung nach funktionellen Gruppen bereits andeutet, ist die Anzahl der möglichen flüchtigen Substanzen in der Raumluft enorm groß. Die quantitative Beurteilung (z.B. Festlegung von Grenzwerten) fällt aufgrund der Vielfalt, der Komplexität der Wirkung und der sich im Laufe der Zeit ändernden Zusammensetzung entsprechend schwer. Als Indikatorgröße für Gemische wird daher häufig der TVOC-Wert angegeben (für „total volatile organic compounds“), der die Summe der Konzentrationen der Einzelsubstanzen darstellt. Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsweisen der einzelnen Komponenten ist diese Summierung jedoch nur bedingt hilfreich ([Seifert 1999]).

Die Auswirkungen flüchtiger organischer Substanzen auf den Menschen sind durch zahlreiche Studien belegt und umfassen ein breites Spektrum. Versuchspersonen, die durch [Møhlhave et al. 1986] unterschiedlichen Konzentrationen eines VOC-Gemischs ausgesetzt wurden, klagten mit dem Anstieg der Konzentration des Gemischs zunehmend nicht nur über sensorische Reizungen der Schleimhäute, sondern zusätzlich über Veränderungen der Hauttemperatur und einer herabgesetzten Fähigkeit zur Konzentration. Mit dem gleichen Gemisch untersuchten [Møhlhave et al. 1991] die Abhängigkeit der berichteten Beschwerden von der Konzentration des VOC-Gemischs. Dabei zeigte sich, dass der Geruch zuerst - also bereits bei geringeren Konzentrationen - als störend wahrgenommen wurde, anschließend wurde die Luftqualität bemängelt, der Wunsch nach Lüftung geäußert (!) und mit zunehmender Konzentration Reizungen der Nase, der Augen und des Rachens festgestellt. Bei Individuen, die bereits unter den typischen Symptomen des Sick Building Syndrom litten, wurde im Vergleich mit unbelasteten Versuchspersonen eine stärkere Symptomatik festgestellt und es trat zusätzlich eine Reduktion der Lungenfunktionen auf ([Kjærgaard et al. 1991]). [Møhlhave 1991] bezeichnet Konzentrationen unterhalb von $0,2 \text{ mg/m}^3$ als „Komfortbereich“ und Konzentration zwischen 3 bis 25 mg/m^3 als „Diskomfortbereich“. Der Zwischenbereich kann zu einer Reduktion des Wohlbefindens (bzw. der Zufriedenheit, Akzeptanz) führen, falls erschwerende Bedingungen durch Wechselwirkungen mit anderen Komfortgrößen auftreten. Oberhalb der Grenze von 25 mg/m^3 beginnt der toxische Bereich, bei dem Kopfschmerzen und andere neurotoxische Symptome auftreten können.

Nach Untersuchungen von Cometto-Muñiz und Kollegen ([Cometto-Muñiz & Cain 1992], [Cometto-Muñiz et al. 2002], [Cometto-Muñiz et al. 2004]) liegt der Schwellenwert sensorischer Reizungen durch VOCs - in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Møhlhave - stets über dem Schwellenwert des zugehörigen Geruchs, sodass die Wahrnehmung des Geruchs erfolgt, bevor sensorische Irritationen auftreten können. Führt man diese Ergebnisse mit denjenigen von Møhlhave zusammen, so ist die allgemeine Annahme plausibel, dass die Wirkung von VOC Gemischen in der Reihenfolge Geruch - sensorische Reizungen - toxische Auswirkungen wahrgenommen wird. Aus handlungstheoretischer Sicht dürften die toxischen Auswirkungen daher im Sinne dieser

Arbeit nur eine untergeordnete Rolle spielen, da vermutlich im Vorfeld ihres Auftretens bereits ausreichend handlungsauslösende Bedingungen vorgelegen haben.

VOCs liegen immer als Gemisch zahlreicher Substanzen vor, für die jeweils unterschiedliche psychophysikalische Zusammenhänge gelten. Die Gesamtwirkung hängt also von den Eigenschaften des Gemischs ab, d.h. von der Art der Substanzen und deren Konzentrationsanteil an der Gesamtmenge. Auch wenn die Konzentration jeder einzelnen Substanz unterschwellig (nicht wahrnehmbar) ist, kann sich die Summe dieser unterschweligen Reize u.U. zu einem überschwelligen Gesamtwert addieren ([Cometto-Muñiz & Cain 1992]). Diese numerische „response addition“ - d.h. beispielsweise die Frage, ob Substanz A und Substanz B mit jeweils einer Wahrnehmungsrate von 50 % im Gemisch eine Wahrnehmungsrate von 100 % ergeben - ist jedoch offenbar nur bei geringen Wahrnehmungswahrscheinlichkeiten gegeben. Aufgrund von Maskierungseffekten und neuraler Inhibition gilt die Additivität bei höheren Konzentrationen nicht mehr ([Cometto-Muñiz et al. 2004]).

Durch die quantitative Analyse der Struktur-Wirkungs-Beziehung (QSAR, „quantitative structure-activity relationship“) zwischen zahlreichen VOCs verschiedener Gruppen und den empirisch bestimmten Geruchsschwellen (ODT, „odor detection threshold“) und den Schwellen für die Reizung der Nasenschleimhaut (NPT, „nasal pungency threshold“) konnten Abraham und Kollegen ([Abraham et al. 1998], [Abraham et al. 2002], [Abraham et al. 2007]) sehr wirksame Vorhersagemodelle für diese Schwellwerte entwickeln. Bei diesen Modellen dienen die chemischen Struktureigenschaften der Substanzen (z.B. „excess molar refraction“, „hydrogen bond acidity“ bzw. „basicity“, usw.) als unabhängige Variablen in einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse, durch welche dann ein linearer Zusammenhang mit den jeweiligen Schwellen (in ppm, parts per million) hergestellt wird. Insbesondere in Bezug auf die NPTs werden für die 38 VOCs, die in die Analyse eingegangen sind, hohe Bestimmtheitsmaße erzielt ($R^2 > 0,9$), sodass davon auszugehen ist, dass die resultierenden linearen Gleichungen die funktionale Beziehung zwischen der Substanzstruktur und dem Schwellwert ausreichend abbilden. Für die ODTs wird hingegen ein geringeres Maß der Variabilität erklärt ($R^2 < 0,8$), was insbesondere an den Abweichungen der Aldehyd- und der Säuregruppe liegt. Hier liegen offenbar zusätzliche spezifische Effekte vor, deren Wirkungsweise bisher nicht erklärt werden konnte ([Abraham et al. 2007]). In wiefern sich Schwellwerte von VOC-Gemischen auf der Basis der QSAR vorhersagen lassen, ist offen.

Bisher liegen Modelle für die Beziehung zwischen der Konzentration der Substanz und dem Anteil der aufgrund sensorischer Reizungen Unzufriedenen - nach Art des fangerschen PD-Konzepts - nicht vor. Jedoch stellt [Dalton 2002] die Vermutung auf, dass Berichte von Versuchspersonen über das Auftreten sensorischer Reizungen bei Konzentrationen *unterhalb* des entsprechenden Schwellwerts eher auf die empfundene Belästigung durch den Geruch (mit niedrigerer Schwelle) als auf tatsächlich empfundenen sensorischen Reizungen beruhen. Dies hilft zwar nicht mit Bezug auf die Bewertung sensorischer Reizungen, weist jedoch darauf hin, dass die Geruchswirkung (auch aufgrund der niedrigeren Schwelle) einen höheren Stellenwert bei der Betrachtung von VOCs einnimmt als sensorische Reizungen. Dennoch sind die Berechnungsmethoden für die Schwellwerte sensorischer Reizungen von großer Bedeutung für ein Modell zur Vorhersage des Nutzerverhaltens.

Kohlenstoffdioxid (CO_2) ist ein Gas, das in unserer Atmosphäre mit einer Konzentration von ca. 350 - 400 ppm (parts per million) vorkommt. Die Kohlenstoffdioxid-Konzentration der Atmosphäre steht seit Jahren im Mittelpunkt der Diskussionen zur Klimaerwärmung, da die ansteigende Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre zunehmend die langwellige Abstrahlung der Erde in das Weltall reduziert. Der Konzentrationsanstieg trägt in der Folge zur Temperaturveränderung auf der Erdoberfläche bei. Kohlenstoffdioxid wird jedoch nicht nur durch die Verwertung organischer Energiequellen in der Atmosphäre angereichert, sondern ist außerdem ein Stoffwechselprodukt der Atmung. Je nach Tätigkeit, also metabolischer Rate, gibt der Mensch ein bestimmtes Volumen CO_2 mit der Atemluft an seine Umgebung ab, sodass die Raumkonzentration in der Folge immer über dem Niveau der Außenluft liegt. Finden im Innenraum offene Verbrennungsvorgänge statt (z.B. Kaminfeuer, Gaskocher) erhöht sich die Konzentration zusätzlich.

Für Kohlenstoffdioxid-Konzentrationen von ca. 10000 und 13000 ppm erwähnt die [DFG 2012] das Auftreten von Azidosen unter körperlicher Belastung. Der Grenzwert für die maximale Arbeitsplatzkonzentration liegt

bei 5000 ppm für eine dauerhafte (8-stündige) Exposition und darf bei kurzzeitiger Exposition auf 20000 ppm ansteigen. Kohlenstoffdioxid ist außerdem geruchlos und kann somit olfaktorisch nicht wahrgenommen werden. Dennoch wird Kohlendioxid in der Literatur regelmäßig als Maßstab für die Bewertung der Innenraumluftqualität herangezogen. Dabei werden zulässige Grenzwerte für die Luftqualität häufig durch CO₂-Konzentrationen ausgedrückt. Nachfolgend sind einige typische Feldstudien zusammengefasst, welche die Auswirkung von Kohlendioxid auf den Menschen darstellen.

[Erdmann & Apte 2004] führten eine umfangreiche Feldstudie an 100 US-Bürogebäuden durch. Neben der CO₂-Konzentration wurden zusätzlich eine Reihe von Kontrollvariablen gemessen: Temperatur, VOC, relative Luftfeuchte, Alter, Geschlecht, Raucherstatus, Allergien und Asthma (letzteres zusammengefasst als „susceptibles“). Die Ergebnisse sind nicht ganz eindeutig zu interpretieren, es scheint jedoch so, dass eine signifikante, positive Abhängigkeit zwischen der CO₂-Konzentration im Innenraum und dem Auftreten trockener Augen, Rachenreizungen, Nasen- und Nebenhöhlsymptomen, Niesen und Atemproblemen besteht, auch nach statistischer Korrektur für die genannten Kovariaten. Insbesondere wurde jedoch eine besonders große Anfälligkeit für diese Symptome bei Personen mit Allergien und Asthma im Vergleich zu gesunden Personen festgestellt.

Bei den Untersuchungen von [Kim et al. 2002] traten die Unterschiede noch eindeutiger zutage. Erhöhte CO₂-Konzentrationen in Wohnungen korrelierten mit einem häufigeren Auftreten von Asthmaanfällen bei asthmatischen Kindern, bei gesunden Kindern blieben sie hingegen ohne Auswirkungen. Die Autoren weisen jedoch ausdrücklich darauf hin, dass sie nicht eindeutig bestätigen können, dass tatsächlich die CO₂-Konzentrationen selber das Risiko für die Asthmaanfälle erhöhen oder ob die CO₂-Konzentrationen lediglich ein Indikatorwert für andere Luftverunreinigungen darstellen.

[Shendell et al. 2004] untersuchten über 400 mehrheitlich klimatisierte und damit auch mechanisch belüftete Klassenräume, um den Zusammenhang zwischen den Innenraumkohlendioxid-Konzentrationen und der Abwesenheit der Schüler vom Unterricht zu untersuchen. Sie stellten fest, dass mit einem Anstieg der Konzentration um 1000 ppm die Abwesenheit der Schüler vom Unterricht um 10 bis 20 % zunahm. Allerdings schreiben sie diesen Zusammenhang nicht unmittelbar der CO₂-Konzentration zu, sondern betrachten Kohlendioxid viel mehr als einen möglichen Deskriptor der Innenraumluftqualität. Beispielsweise vermuten sie eine korrelative Beziehung zwischen der Konzentration von CO₂ und derjenigen von Krankheitserregern in der Luft, die eigentlich ursächlich für die zunehmende Abwesenheit sein könnten.

[Myhrvold et al. 1996] kamen bei ihrer Untersuchung von 22 Klassenräumen mit insgesamt über 550 Schülern im Alter von 15 bis 20 Jahren an fünf verschiedenen Schulen zu dem Ergebnis, dass CO₂-Konzentrationen jenseits von 1500 ppm einen signifikanten Einfluss auf die Befindlichkeit und die Leistungsfähigkeit der Schüler ausüben. Für die Untersuchung wurden verschiedene Symptome zu zwei Indizes zusammengefasst, einmal mit dem Schwerpunkt auf toxische Wirkungen auf das ZNS (z.B. Kopfschmerz, Schwindel, Konzentrationschwierigkeiten, jedoch auch Geruch) und das andere Mal mit dem Schwerpunkt auf sensorische Reizungen (z.B. Schleimhautreizungen, Husten, tränende Augen). Die Leistungsfähigkeit wurde wiederum durch standardisierte Aufmerksamkeits- und Leistungstest bestimmt. Die präsentierten Ergebnisse sind Teil einer größeren Studie, welche die Auswirkungen von Renovierungsmaßnahmen von Schulen auf die Qualität der Innenraumbedingungen untersucht. Offensichtlich wurden dabei mehr Größen als lediglich der CO₂-Gehalt der Innenraumluft gemessen, so z.B. auch die VOC-Konzentrationen. [Myhrvold et al. 1996] beschränken sich jedoch auf die Darstellung der Korrelation zwischen CO₂ und den festgestellten Symptomgruppen, sodass nicht ersichtlich ist, ob z.B. CO₂-Konzentration und VOC-Konzentrationen kovariieren. Die Folgeveröffentlichung, auf die verwiesen wird, ist nicht auffindbar, sodass die Frage nach dem Einfluss der VOC-Konzentrationen offen bleiben muss.

Bei diesen Untersuchungen fällt auf, dass die beobachteten Auswirkungen entweder nicht eindeutig der Kohlendioxid-Konzentration zugeordnet werden können oder dass sogar explizit darauf hingewiesen wird, dass Kohlendioxid lediglich als Indikatorgröße für Luftverunreinigungen gilt, deren Konzentrationen ebenfalls von der Raumlüftung abhängen. Dieser Standpunkt wird auch in anderen Studien vertreten (z.B. [Wargocki & Wyon 2006], [Bakó-Biró et al. 2012]), sodass der Schluss zulässig ist, dass es unter Feldbedingungen nahezu

unmöglich ist, die Auswirkung von CO₂ auf den Gebäudenutzer von anderen Einflüssen eindeutig zu trennen. Die unmittelbare Wirkung von Kohlendioxid - im Sinne einer psychophysikalischen Intensitäts-Empfindungs-Beziehung - lässt sich offenbar lediglich durch kontrollierte Versuche bestimmen, in denen störende Einflüsse gezielt ausgeschlossen werden können.

Eine entsprechende Untersuchungen führten [Kajtár et al. 2006] durch. Sie setzten gesunde Versuchspersonen unter kontrollierten Laborbedingungen stufenweise CO₂-Konzentrationen von 600 bis 5000 ppm aus und untersuchten jeweils die subjektive Empfindung der Luftqualität anhand von Fragebögen (z.B. Hedonik, Akzeptanz) und die kognitive Leistungsfähigkeit anhand einer standardisierten Aufgabe (Fehlersuche in einem Testtext, Maß: Geschwindigkeit und Anzahl der aufgedeckten Fehler) . Um die experimentell gewünschte Kohlendioxidkonzentration zu erhalten, wurde eine entsprechende Menge des Gases gezielt in die Versuchskammer injiziert. Dabei wurde eine ausreichende Frischluftversorgung sichergestellt (60 m³/h/Person), um somit Einflüsse durch z.B. Gerüche, Bioeffluenzen oder Ähnliches auszuschließen. Die Versuche ergaben, dass die Luftqualität mit zunehmendem CO₂-Gehalt kontinuierlich als subjektiv schlechter empfunden wurde, die Versuchspersonen verspürten eine größere Müdigkeit, fühlten sich weniger frisch und konnten ihre Konzentration schlechter fokussieren. Zusätzlich wurde für jede einzelne CO₂-Konzentrationsstufe eine Abhängigkeit der subjektiven Beurteilung der Luftqualität von der *Expositionszeit* festgestellt, d.h. mit zunehmender Exposition wurde die Luftqualität als schlechter empfunden. Die *objektive* Leistungsfähigkeit nahm ebenfalls in Abhängigkeit der CO₂-Konzentration ab, jedoch lediglich bei schwierigeren Aufgaben. Die Unterschiede auf diesen Skalen unter geringen (600 ppm) im Vergleich zu erhöhten CO₂-Konzentrationen erreichten das Signifikanzniveau jedoch erst ab 3000 ppm bei einer Expositionszeit von ca. 210 Minuten bzw. 4000 ppm bei einer Expositionszeit von 140 Minuten. D.h., sowohl subjektive als auch objektive Auswirkungen erhöhter CO₂-Konzentrationen, die tatsächlich auch der Wirkung des Kohlendioxids zuordenbar sind, lassen sich erst ab Konzentrationen und Expositionszeiten feststellen, die in der Praxis nahezu niemals auftreten.

Schon Max von Pettenkofer, der Begründer der Hygiene, war sich über die Funktion von Kohlendioxid bei der Betrachtung der Luftqualität im Klaren, als er Kohlendioxid als Leitgröße auswählte und den noch heute anerkannten Grenzwert von 1000 ppm für den Innenraum festlegte: „*Der Kohlensäuregehalt allein macht die Luftverderbniss nicht aus, wir benützen ihn bloss als Massstab, wonach wir auch noch auf den grösseren oder geringeren Gehalt an anderen Stoffen schließen, welche zur Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure sich proportional verhalten.*“ ([Pettenkofer 1858]). Somit erfüllt die Betrachtung von Kohlendioxid im Innenraum einen wichtigen Zweck, sowohl bei der Planung als auch bei der messtechnischen Überwachung: Es kovariiert sehr gut mit der Abgabe von Bioeffluenzen, die ebenfalls in Abhängigkeit der Aktivität variiert. Außerdem ist CO₂ – im Gegensatz zu Gerüchen – exakt messbar und kann somit immer als sogenannter Leitwert für die menschliche Verunreinigung der Innenraumluft herangezogen werden. Geht man von der üblichen Produktion G von 20 l CO₂ pro Stunde und pro erwachsener Person bei sitzender Tätigkeit und einer Außenkonzentration c_a des Kohlendioxids von 350 ppm aus, so ergibt sich der notwendige Luftstrom Q nach dem Pettenkofergrenzwert aus der folgenden Bilanzgleichung

$$c_i = c_a + G/Q$$

zu ca. 8 bis 9 l/s, also einem Wert, welcher gemäß den Geruchsuntersuchungen von Fanger zu einem Prozentsatz von knapp über 15 % Unzufriedener führen würde. Hier besteht demnach eine große Übereinstimmung.

Nachfolgend sollen noch drei weitere chemische Stoffe erwähnt und beschrieben werden, die als Schadstoffe gelten und die auf wenigstens einem der drei bisher beschriebenen Wege wahrgenommen werden können, d.h. durch den Geruchssinn, durch den allgemeinen chemischen Sinn oder durch ihre toxische Wirkung: *Ozon*, *Schwefeldioxid* und *Stickstoffdioxid*. Eine ähnlich ausführliche Darstellung, wie sie für die bisher beschriebenen Stoffe geleistet wurde, ist jedoch nicht sinnvoll, da die potenziellen Wirkungsweisen bereits durch die Beschreibung der bisherigen Beispiele bekannt ist. Es ergeben sich im konkreten Fall zwar abweichende Intensitäts-Wirkungs-Beziehungen, die jedoch dem Prinzip nach vergleichbar sind und im Einzelfall der Anwendung recherchiert werden können.

Ozon (O_3) entsteht im bodennahen Außenraum durch die Vereinigung von molekularem Sauerstoff mit einem Sauerstoffatom. Dieses wird durch Fotolyse von Stickstoffdioxid NO_2 abgespalten. Das Auftreten flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) und Kohlenstoffmonoxid fördern die Entstehung von Ozon ([Kuttler & Zmarsly 1996]).

Quellen im Gebäude stellen hingegen Laserdrucker und Kopierer dar, in denen Ozon durch Verwendung von UV-Licht und durch elektrostatische Entladungen entsteht ([WHO 2003], [Umweltbundesamt 2012b]). Durch Lüften kann die Ozonkonzentration also unter bestimmten Umständen im Innenraum ansteigen (durch hohes Ozonaufkommen im Außenbereich), unter anderen Umständen (bei *Innenraumemissionen* durch z.B. Laserdrucker und Kopierer) kann sie durch Lüften absinken.

Von Ozon geht ein charakteristischer Geruch aus, der nach [Hellbrück & Fischer 1999] auch als Verbesserung der Luftqualität wahrgenommen werden kann. Die [DFG 2012] führt darüber hinaus für Ozon verschiedene Studien auf, welche die Wirkung bei erhöhten Konzentrationen beschreiben: Verminderte Lungenfunktionen bereits im Bereich von $0,16 \text{ mg/m}^3$ (z.B. erhöhter Atemwegswiderstand), erhöhter Hustenreiz im Bereich von $0,16 \text{ mg/m}^3$, Absinken der sportlichen Leistungen im Bereich von $0,24 \text{ mg/m}^3$, außerdem können bei höheren Konzentrationen im Bereich von $0,8 \text{ mg/m}^3$ Entzündungszellen in der Nase entstehen. Für Asthmatiker und Allergiker, Kinder und Senioren gelten geringere Werte. Zur Einordnung dieser Werte können die historischen Daten zur Ozonbelastung des Umweltbundesamtes herangezogen werden ([Umweltbundesamt 2012c]). Demnach wurde in deutschen Ballungsgebieten in ozonreichen Jahren wie z.B. 2003 der Grenzwert von $0,18 \text{ mg/m}^3$ zum Teil mehr als 150 Mal und der Grenzwert von $0,24 \text{ mg/m}^3$ immerhin noch um die 10 Mal pro Jahr überschritten. In ozonschwachen Jahren kann die Überschreitung jedoch auch stark reduziert sein (z.B. 2008: höchstens 24 Überschreitungen von $0,18 \text{ mg/m}^3$ und null Überschreitungen von $0,24 \text{ mg/m}^3$). Der Vergleich zwischen den sommerlichen Konzentrationen des Außenraums und denjenigen Konzentrationen, die vermutlich durch ein Individuum wahrgenommen werden, legt die Vermutung nahe, dass Ozon insbesondere mit Bezug auf die Fensterlüftung handlungsrelevant sein kann: entweder im Sinne einer Abschirmungsaktivität, bei der sich der Nutzer durch Schließen des Fensters vor erhöhten Außenkonzentrationen schützt, jedoch auch im Sinne einer Öffnungsaktivität, bei welcher der Nutzer hohe Ozonkonzentrationen des Innenraums - verursacht möglicherweise durch einen intensiven Gebrauch des Kopierers - durch Lüften absenken möchte (siehe Abschnitt 4.3.10.4.2.B auf Seite 162).

Schwefeldioxid (SO_2) ist ein Produkt der Verbrennung fossiler Brennstoffe, insbesondere Kohle und Öl. Hauptverursacher in Deutschland sind die Energiewirtschaft und nur in geringem Maß der Straßenverkehr, allerdings kann z.B. auch ein Vulkanausbruch die Schwefeldioxidkonzentration der Außenluft massiv erhöhen. Hohe Schwefeldioxidkonzentrationen sind also vornehmlich in Ballungsgebieten mit hohem Industrieaufkommen und gleichzeitig mangelhafter Verwendung von Rauchgasfiltern anzutreffen.

Gemäß der aktuellen Berichterstattung des Umweltbundesamts ([Umweltbundesamt 2012a]) ist der Ausstoß von Schwefeldioxid in Deutschland innerhalb der letzten Jahrzehnte drastisch gesenkt worden (2010 auf 8,5 % des Ausstoßes von 1990). Auslöser für die hohe Beachtung, die Schwefeldioxid als Schadstoff erhielt und zur intensiven Verwendung von Filtertechnologie führte, war insbesondere das in den 1970er Jahren einsetzende, sogenannte „Waldsterben“ und die in industriereichen Regionen gehäuft aufgetretenen Smog-Situationen. Zeitgenössischen Berichten zufolge stiegen z.B. 1962 die Schwefeldioxid-Konzentrationen im Ruhrgebiet bis 5 mg/m^3 , 1981 stiegen die Konzentrationen in Berlin mehrfach auf über 2 mg/m^3 und auch in Bayern gab es Konzentrationen bis zu $1,45 \text{ mg/m}^3$ ([Spiegel 1981], [Spiegel 1984], [Spiegel 1985]). In zahlreichen Ballungsgebieten ist die Problematik auch heute noch aktuell - siehe z.B. der typische „London-Smog“ oder die Diskussion um die Olympischen Spiele in Peking 2008.

Relevanz erhalten diese Werte, wenn die Schwellenwerte für Schwefeldioxid betrachtet werden. So liegt die Wahrnehmungsschwelle für den typischen schwefelig-stechenden Geruch bei etwa $0,8 - 4 \text{ mg/m}^3$. Die reizende bzw. toxische Wirkung kann jedoch bereits bei geringeren Werten eintreten: Gemäß der Studien, die als Grundlage der [DFG 2012] dienen, muss bei gesunden Personen ab einer Konzentration von $1,3 \text{ mg/m}^3$ mit Einschränkungen der Lungenfunktion gerechnet werden (z.B. erhöhter Atemwegswiderstand), empfind-

liche Personen, wie Asthmatiker, Kinder und Senioren sind bereits bei früheren Konzentrationen gefährdet. Insbesondere wird darauf verwiesen, dass ein Prozentsatz der Bevölkerung (ca. 5 %) als sehr sensitiv in Bezug auf Schwefeldioxid gelten muss und dass bei diesen Individuen stärkere Symptome bei geringeren Konzentrationen zu erwarten sind (bis zu Bronchokonstriktionen, Bronchospasmen).

Mit Bezug auf die Lüftung in Büro- oder Wohngebäuden kann davon ausgegangen werden, dass Schwefeldioxid aufgrund der Quellen im Außenraum vornehmlich über die Lüftung in den Innenraum gelangen kann. Somit können erhöhte Konzentrationen im Sinne einer Abschirmungsaktivität insbesondere in industriereichen Ballungsgebieten handlungsrelevant werden.

Stickstoffdioxid (NO_2) ist ein Folgeprodukt aus der Oxidation von Stickstoffmonoxid, das ein Resultat von Verbrennungsvorgängen ist. Stickstoffdioxid wird also im Wesentlichen von Kfz-Verkehr, Kraftanlagen oder im Innenraum von Kohle- oder Ölheizungen bzw. Gasheizungen und -öfen verursacht ([Englert 1998]). Eine erhöhte Außenkonzentration tritt entsprechend in Ballungsgebieten und dort insbesondere in verkehrsreichen Gebieten auf. Verschiedene Studien zeigen, dass die Stickstoffdioxid-Konzentration bei entsprechender Nutzung erhebliche Werte annehmen kann: [Mohsenin 1994] führt beispielsweise urbane Außenraumkonzentrationen im Bereich von 0,1 - 0,8 ppm mit Spitzenwerten von 1,28 ppm, Innenraumkonzentrationen im Wohnumfeld von 0,25 - 1,0 ppm mit Spitzenwerten von 4,0 ppm und Innenraumkonzentrationen in entsprechenden Industriebetrieben von 5 - 100 ppm auf. Feldstudien verweisen außerdem auf den Zusammenhang zwischen erhöhten Stickstoffdioxid-Konzentrationen im Innenraum - aufgrund der Verwendung von Gaskochern - und Atemwegssymptomen bei Kindern (z.B. [Melia et al. 1979]). Da NO_2 zugleich ein Vorläuferprodukt für andere schädigende Gase ist, z.B. auch für Ozon, können die in Feldstudien festgestellten Effekte jedoch nicht immer eindeutig dem Stickstoffdioxid zugeordnet werden ([WHO 2003]).

Gemäß [DFG 2012] liegt die Wahrnehmungsschwelle für den als stechend charakterisierten Geruch von NO_2 bei 0,1 bis 0,2 ppm. Bis 0,6 ppm sind keine reizenden oder toxischen Wirkungen feststellbar, oberhalb dieses Wertes sind die Untersuchungsergebnisse teils widersprüchlich. Ab 1,5 ppm sind jedoch Symptome in den Bronchien und ab 2 ppm Lungenfunktionsänderungen beobachtbar. Der Vergleich dieser Werte mit den in den Feldstudien gemessenen Werten zeigt auch in diesem Fall wieder, dass Stickstoffdioxid im Wohn- und Büroumfeld durchaus Konzentrationen erreichen kann, die durch den Nutzer wahrnehmbar sind und somit in der Folge handlungsrelevant sein können.

5.4.3.6.5 Psychophysik der akustischen Empfindung und Bewertung

Bei der Psychoakustik handelt es sich um ein intensiv erforschtes Gebiet, welches durch zahlreiche Modelle und Konzepte die physikalisch messbare Größe Schall und ihre verschiedenen Eigenschaften mit psychologischen Größen verknüpft. Einmal mehr kann daher an dieser Stelle lediglich ein unvollständiger Überblick unter Erwähnung der typischsten Begriffe und Modelle erfolgen. Soweit nicht anders vermerkt, basieren die Ausführungen auf [Hellbrück & Fischer 1999], [Hohmann & Setzer 1997], [Schönhammer 2009], [Schmidt 1996] und [Cremer & Müller 1978].

Bevor auf die psychoakustischen Begriffe eingegangen werden kann, ist es zunächst erforderlich, die physikalischen Eigenschaften des Schalls zu erläutern. Schall pflanzt sich in Form von *Schallwellen* fort. Dabei werden, von der Schallquelle ausgehend, Moleküle gerichtet aus ihrer Ruhelage gebracht, um dann um ihre Ruhelage mit der Geschwindigkeit der *Schallschnelle* zu schwingen. Schallwellen können dabei entweder als Transversal- oder als Longitudinalwellen vorliegen, wobei die Schallübertragung in der Luft longitudinal erfolgt. Dabei regen die in Bewegung gebrachten Moleküle benachbarte Moleküle durch Impulsübertragung in Ausbreitungsrichtung an. Daraus entsteht eine Welle, welche sich mit *Schallgeschwindigkeit* fortpflanzt. Deren Größe hängt vom angeregten Medium (Luft, Wasser, ...) und dessen Zustand (Temperatur) ab. Die Welle wird dabei durch ihre *Frequenz* bzw. *Periode* und ihre *Amplitude* gekennzeichnet.

Das Anregen einer Welle benötigt Energie, die *Schallleistung*. Sie ist eine Kenngröße für die *Schallquelle*. Diese Energie wird in den bewegten Teilchen der Welle in Form kinetischer und potenzieller Energie ge-

speichert bzw. transportiert und wird schließlich in Wärme dissipiert. Die gesamte Energie, die dabei pro Zeiteinheit durch eine definierte Fläche strömt, wird als *Schallintensität* bezeichnet. Die schwingende Bewegung der Teilchen bewirkt dabei einen Wecheldruck, der wiederum als *Schalldruck* bezeichnet wird und dem atmosphärischen Druck überlagert ist. Der wechselnde Schalldruck wird üblicherweise in einen konstanten Effektivwert umgerechnet. Schallintensität und Schalldruck sind somit Größen, die nur für einen definierten Empfangsort relativ zur Schallquelle sinnvoll anzugeben sind.

Schall kann auch in Körpern übertragen werden. Eine Anregung erfolgt direkt (z.B. durch Verkehr, Maschinen, Trittschall) oder durch Luftschall, der auf ein festes Medium auftrifft. Die Übertragungsmechanismen sind vergleichbar mit denjenigen in Luft.

Das Frequenzspektrum des Schalls ist kontinuierlich und wird zur Analyse und Systematisierung im Frequenzbereich von 16 - 16.000 Hz in *Terz-* oder *Oktavbänder* mit oberer und unterer Eckfrequenz f_o und f_u unterteilt. Dabei wird ein bestimmter Frequenzbereich formal einer Mittenfrequenz zugeordnet. Dabei gelten die Bildungsgesetze

$$\text{Oktavband: } f_o = 2 \cdot f_u, f_m \approx 1,41 \cdot f_u$$

$$\text{Terzband: } f_o = 1,26 \cdot f_u, f_m \approx 1,12 \cdot f_u$$

Schallereignisse können eine oder mehrere Frequenzen umfassen. Bei einer Anregung mit einer einzigen sinusförmigen Frequenz spricht man von einem *Ton*. Eine Mischung mehrerer Frequenzen die jedoch in einem ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen (Grundton und Obertöne) wird *Klang* genannt. Eine unsystematische Anregung verschiedener Frequenzen führt zu einem *Geräusch*. Der physiologische Hörbereich beginnt etwa bei 20 Hz und endet bei etwa 20.000 Hz, je nach Alter und/oder gesundheitlichem Zustand. Langsamere Schwingungen werden als Infraschall bezeichnet, schnellere als Ultraschall.

Schallereignisse können - ganz im Sinne der Unterscheidung in Abschnitt 4.3.5.1.1 auf Seite 95 - innerhalb und außerhalb des Gebäudes auftreten. In aller Regel führt störender Schall zu einer Abschirmungshandlung (siehe 4.3.10.4.2.A auf Seite 162), z.B. durch Schließen des Fenster oder durch Verwendung eines Gehörschutzes.

Schallquellen im Außenraum, die aus dieser Perspektive in Betracht kommen, sind *Verkehrslärm* (Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Flugzeugverkehr), *Gewerbelärm*, Lärmimmissionen durch den Betrieb von *Sportanlagen* und *Nachbarschaftslärm*. Diese Lärmarten unterscheiden sich nicht nur durch ihre typische Frequenzzusammensetzung, sondern auch durch ihr zeitliches Auftreten u.a.m. Die Begrenzung des Außenlärms wird vom Bundes-Immissionsschutzgesetz ([BImSchG 1974] und vom „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ [FluLärmG 1971] gefordert. Die Begrenzung von Nachbarschaftslärm fällt jedoch nicht in den Bereich des Bundesimmissionsschutzgesetzes, sondern wird uneinheitlich durch die Länder und Kommunen geregelt.

Lärm kann nicht nur von außen in das Gebäude eindringen, sondern ebenfalls durch Quellen im Gebäude entstehen (siehe Abschnitt 4.3.5.1.1 auf Seite 95). Dies kann z.B. aus benachbarten Räumen übertragener Luft- und Trittschall sein oder Geräusche, die durch den Betrieb regulativer Ausstattungselemente wie z.B. der Lüftungsanlage oder der Heizung entstehen. Die Begrenzung der Lärmimmissionen in Gebäuden ist durch Normen geregelt (insbesondere [Norm DIN 4109 1989] inklusive Beiblätter und Anhänge). Zusätzlich können Geräusche durch die planmäßige Nutzung des Raumes und seiner funktionalen Ausstattungselemente entstehen (siehe 4.3.5.6.4 auf Seite 105, z.B. EDV-Lüftungsgeräusche).

In der Bauakustik ist es unüblich, mit den direkten physikalischen Größen Schalleistung und Schalldruck zu arbeiten. Stattdessen werden - in Anlehnung an das Weber-Fechner-Gesetz, siehe die Einleitung zum Abschnitt 5.4.3.6.2 auf Seite 238 - die entsprechenden *Pegelwerte* verwendet, die eine bequemere Handhabung des großen Zahlenbereichs ermöglichen: Relevante Schalleistungen umfassen den Bereich von 0,0000001 W eines Haushaltskühlschranks bis z.B. 1000 W einer Alarmsirene oder 10.000 W eines Düsenflugzeugs und somit bis zu 11 Zehnerpotenzen. Dieser Zahlenbereich lässt sich günstiger als dekadischer Logarithmus dar-

stellen. Dieser wird gebildet, indem der physikalische Wert x auf einen Bezugswert x_0 bezogen und dieser Quotient logarithmiert wird. Dieser Größe wird die Einheit Bel gegeben bzw. Dezibel, wenn die Größe noch mit dem Faktor 10 multipliziert wird. Der Bezugswert für den Schalldruck p_0 ergibt sich aus der absoluten Wahrnehmungsschwelle bei einer Frequenz von 1 kHz und beträgt $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Da Feldgrößen wie der Schalldruck im Quadrat dargestellt werden (der quadrierte Wert verhält sie sich proportional zur Energie) ergibt sich für die Schalldruckpegeldarstellung:

$$L_p = 10 \cdot \lg(p^2/p_0^2)$$

Für den Schalleistungspegel als Energiegröße ergibt sich somit

$$L_w = 10 \cdot \lg(P/P_0)$$

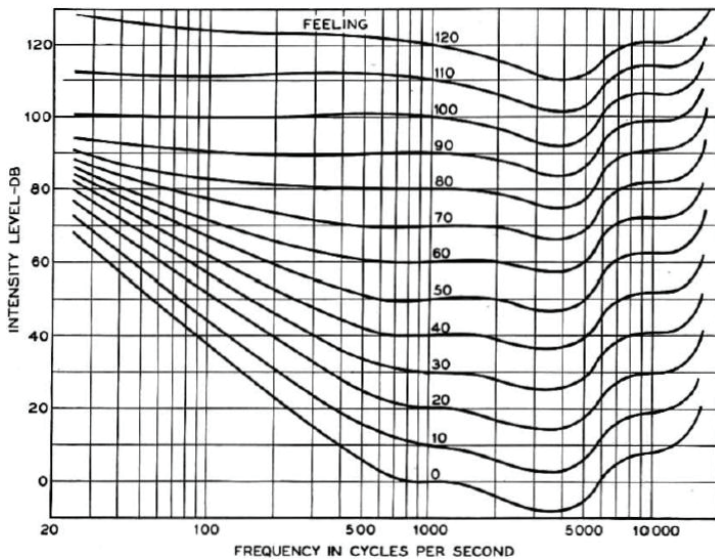


Abbildung 58
Kurven gleicher Lautstärke über verschiedene Frequenzen, Quelle: [Fletcher & Munson 1933].

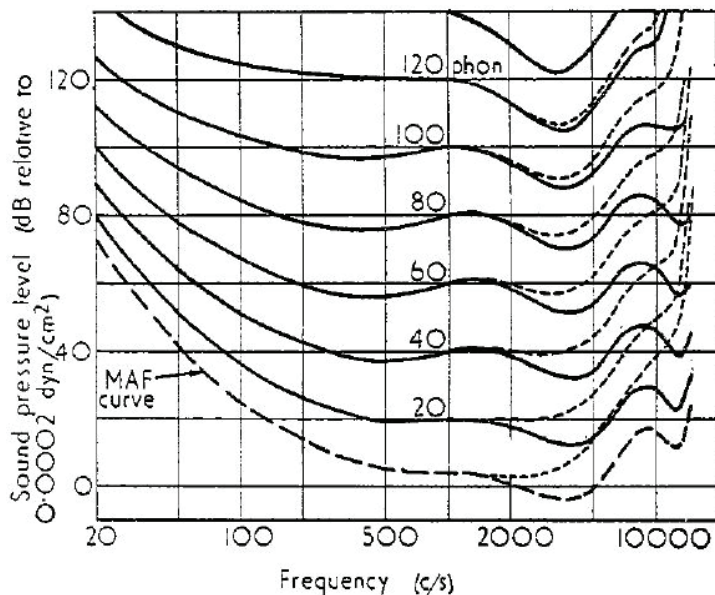


Abbildung 59
Kurven gleicher Lautstärke über verschiedene Frequenzen, Quelle: [Robinson & Dadson 1956].

Alle Bezugswerte der logarithmischen Darstellung der Pegel (Schalldruckpegel, Schallintensitätspegel, Schallschnellepegel) lassen sich aus dem Bezugswert des Schalldrucks rechnerisch ableiten. Häufig wird anstelle des Schalldruckpegels der Schallintensitätspegel betrachtet, der jedoch - etwas vereinfacht - numerisch identisch mit dem Schalldruckpegel ist.

Auch wenn die Pegeldarstellung dem Weber-Fechner-Gesetz formal ähnelt, ist mit dieser Darstellung keine zutreffende Abbildung des physikalischen Reizes „Schall“ auf eine psychologische Dimension, wie z.B. die Intensitätsempfindung, gelungen. Es handelt sich vielmehr um eine technisch vorteilhafte Darstellung.

Um die Intensitätsempfindung abzubilden, wird stattdessen auf die Begriffe Lautstärke und Lautheit zurückgegriffen. Dabei hängt die empfundene *Lautstärke* jedoch nicht alleine von der Schallintensität (bzw. dem Intensitätspegel) am Ohr sondern zusätzlich von individuellen Eigenschaften ab. Vereinfacht kann die Lautstärkeempfindung jedoch - unter der Annahme eines „Standardhörers“ - in Bezug zum Schallpegel gesetzt werden.

Die Erkenntnisse darüber, in welchem konkreten Verhältnis die Schallintensität zur Lautstärke steht, können den Arbeiten von [Fletcher & Munson 1933] und [Robinson & Dadson 1956] entnommen werden. [Fletcher & Munson 1933] untersuchten, wie sich die empfundene Lautstärke („loudness“) verschiedener, reiner Frequenzen im Verhältnis zur empfundenen Lautstärke einer Frequenz von 1 kHz verhält. Somit stellte die Lautstärke bei 1 kHz die Referenz dar, bei welcher

die numerischen Werte des Intensitätspegels und der Lautstärke identisch sind. Die aus Laborversuchen abgeleitete Beziehung zwischen Lautstärke und Intensitätspegel ist in Abbildung 58 dargestellt. Daraus sind mindestens zwei wichtige Informationen ersichtlich: Zum einen bestehen zwischen den einzelnen Frequenzen z.T. gravierende Unterschiede hinsichtlich der empfundenen Lautstärke bei *konstantem* Intensitätspegel. Der Unterschied wird besonders beim Vergleich des tieffrequenten Schalls (zwischen 20 Hz und 100 Hz) mit dem mittelfrequenten Schall (um 2000 Hz) deutlich. Zum anderen ist die Beziehung zwischen dem Intensitätspegel und der Lautstärke nicht linear in der logarithmischen Darstellung. So rücken die Linien gleicher Lautstärke im tieffrequenten Bereich teils näher aneinander heran und teils weiter voneinander weg, während die Abstände bei 1 kHz per definitionem über alle Intensitäten gleich sind.

Zu vergleichbaren, wenn auch im Detail abweichenden, Ergebnissen kommen die Untersuchungen von [Robinson & Dadson 1956]. Die Kurven gleicher Lautstärke sind in Abbildung 59 auf Seite 264 dargestellt. Sie demonstrieren zusätzlich den Unterschied zwischen der Altersgruppe 20-jähriger (durchgezogene Linie) und der Altersgruppe 60-jähriger. Aktuell werden weder exakt die Robinson-Dadson Kurven noch die Fletcher-Munson Kurven verwendet. Stattdessen kommen die in [Norm DIN ISO 226 2006] leicht abgewandelten Kurven zur Anwendung.

Die Einheit der Lautstärke ist das Phon, für welches - wie erläutert - bei einer Frequenz von 1 kHz gilt, dass sein Zahlenwert gleich dem Zahlenwert des Intensitätspegels ist. Um den zuvor geschilderten, nichtlinearen Zusammenhang zwischen Intensitätspegel und Lautstärke bei davon abweichenden Frequenzen zu berücksichtigen, werden entsprechende Filterkurven eingesetzt. Dies bedeutet, dass der Pegelwert jeder Oktave (oder jedes Terzes) einen Zuschlag oder einen Abschlag entsprechend der Lautstärkekurven erhält. Aufgrund der Intensitätsabhängigkeit der Lautstärkekurven sind A-, B- C- und D-Bewertungskurven üblich, die für jeweils zunehmende Lautstärkepegel gelten.

Die zuletzt dargestellten Untersuchungen vergleichen Lautstärkeempfindungen über die verschiedenen hörbaren Frequenzen und setzen diese ins Verhältnis zueinander. Sie sagen jedoch noch nichts über die klassische psychophysikalische Frage aus, welche Intensitätsänderung ein Reiz erfahren muss, um als ein Vielfaches seines Bezugswertes empfunden zu werden (vergleiche die obigen Ausführungen zum Weber-Fechner-Gesetz). Eine Verdoppelung der Schallintensität führt zu einem Anstieg des Intensitätspegels um 3 dB. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass ein Anstieg um diese 3 dB keinesfalls gleichbedeutend mit der Verdoppelung der *Lautheit* N ist. [Stevens 1936] schlug für die Lautheit die Einheit *some* vor und definierte die empfundene Lautheit bei einer Frequenz von 1 kHz und einem Intensitätspegel von 40 dB als 1 some. [Stevens 1955] zeigte dann, dass - zumindest oberhalb von 40 dB - ein konstantes Verhältnis zwischen dem Anstieg der Lautheit und dem Anstieg des Intensitätspegels besteht: Eine Verdoppelung der Lautheit entspricht einem Pegelanstieg von 10 dB. Tatsächlich gilt dieser logarithmische Zusammenhang jedoch nicht unterhalb von 40 dB. Der Anstieg der Lautheit ist bei geringen Pegeln zunächst größer und gleicht sich dann zunehmend diesem Verhältniswert an. Die heute übliche Umrechnung von Lautstärkepegel L_N auf die Lautheit N geht auf [Zwicker & Feldtkeller 1967] zurück und ist in nebenstehender Abbildung 60 grafisch dargestellt. Dabei wurde der nicht-logarithmische Anteil rot hervorgehoben. Die Kurven können nach [Norm DIN 45631 1991] berechnet werden:

$$L_N = 40 + 33,22 \cdot \lg(N) \text{ für } N \geq 1 \text{ some}$$

$$L_N = 40 \cdot (N + 0,0005)^{0,35} \text{ für } N < 1 \text{ some}$$

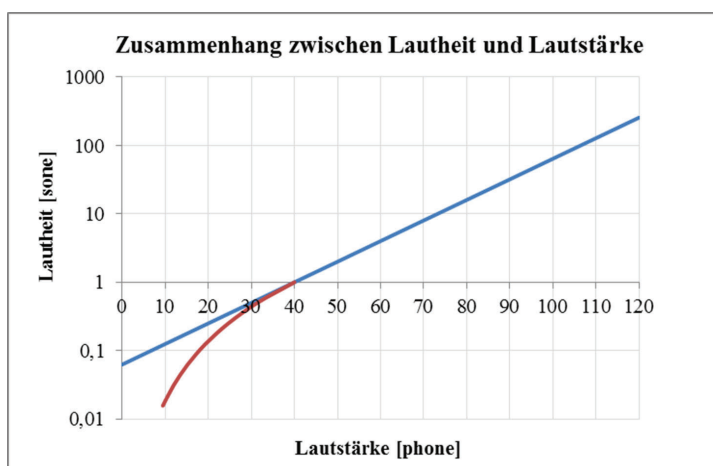


Abbildung 60

Zusammenhang zwischen Lautheit und Lautstärke bei 1 kHz nach [Zwicker & Feldtkeller 1967].

Durch Verwendung der Kurven gleicher Lautstärke kann dieses Konzept nun ebenfalls auf Frequenzen übertragen werden, die nicht der Referenzfrequenz von 1 kHz entsprechen.

Die Annahme ist plausibel, dass Eigenschaften wie die Lautheit des Schalls im Kontext dieser Arbeit eine Rolle spielen werden. Dem liegt die Vermutung zugrunde, dass *lauter* Schall störender wirkt als *leiser* Schall und dass *leiser* Schall eher durch lauten Schall gestört werden kann (z.B. beim Gespräch am Telefon). Die Psychoakustik kennt jedoch noch andere Eigenschaften, die hier von Belang sein können. Eine sicherlich wichtige Eigenschaft ist die *Tonhöhe Z* des Schalls („pitch“), mit der die empfundene Tonhöhe eines Tons beschrieben wird. Mit ansteigender Frequenz empfindet das menschliche Ohr den empfangenen Schall als höher-tonig, jedoch verhalten sich Frequenz und Tonheit nicht linear zueinander. [Stevens et al. 1937] führten für die Tonhöhe die Einheit *mel* ein (abgeleitet von melody) und definierten 1000 mel als Maß für die Tonhöhe eines 1 kHz-Tons. Wie auch die Einheit sone skaliert sich die Einheit mel linear mit der Empfindung der Tonhöhe, d.h., dem Ton, der im Vergleich mit 1 kHz als doppelt so hoch empfunden wird, werden 2000 mel zugeordnet.

Mit der Frage, wie sich die Empfindung von Schalleigenschaften auf Basis der Frequenz des Schalls abbilden lässt, beschäftigte sich u.a. auch Eberhard Zwicker. [Zwicker 1954] untersuchte zunächst, in welchem Maß zwei symmetrisch um ein schmalbandiges Testrauschen mit einer Mittenfrequenz f_m angeordnete Sinustöne bei konstantem Pegel in der Lage sind, dieses Testrauschen zu maskieren (d.h. gerade nicht wahrnehmbar zu machen). Dabei variierte er systematisch den Frequenzabstand der Sinustöne von der Mittenfrequenz f_m und stellte den Pegel des Testrauschens jeweils so ein, dass das Testrauschen trotz der Sinustöne gerade eben wahrnehmbar war. Dabei stellt er fest, dass der Schalldruckpegel des Testrauschens, der für dessen Wahrnehmbarkeit erforderlich war, mit größerem Frequenzabstand zwischen den Sinustönen und der Mittenfrequenz abnahm. In einem relativ nahen Bereich um diese Mittenfrequenz herum war der erforderliche Signalabstand zwischen dem Testrauschen und den Sinustönen (gemessen als Pegeldifferenz) allerdings konstant. Zusätzlich wurde deutlich, dass dieser „kritische Frequenzabstand“ Δf_k mit ansteigender Mittenfrequenz des Testrauschens breiter wird. Daraus konnte geschlossen werden, dass das Gehör Frequenzbereiche in Frequenzgruppen („critical bands“) zusammenfasst und gemeinsam verarbeitet und diese zusammengefassten Bereiche mit höheren Frequenzen größer werden.

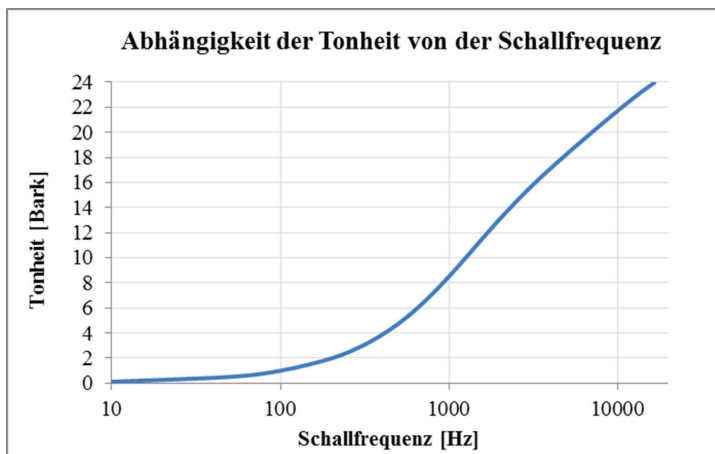


Abbildung 61
Tonheit und Schallfrequenz nach [Zwicker & Terhardt 1980].

Insgesamt lässt sich der Hörbereich des Menschen in 24 dieser Frequenzgruppen aufteilen, wobei für diese Einteilung die Einheit *Bark* und die Bezeichnung *Tonheit* eingeführt wurde. Die Größe von 1 Bark entspricht dabei der (variablen) Breite einer Frequenzgruppe und gleichzeitig einem Tonhöhenintervall von 100 mel. Die Frequenzgruppe ist somit nach [Zwicker 1961] ein Maß für die Tonheit des Schalls. Der Zusammenhang zwischen Frequenz f , Tonheit Z und Frequenzgruppenbreite CB lässt sich gemäß [Zwicker & Terhardt 1980] durch die beiden nachfolgend dargestellten Gleichungen berechnen (siehe Abbildung 61 und Abbildung 62):

$$\text{Tonheit } Z = 13 \cdot \arctan(0,76 \cdot f) + 3,5 \cdot \arctan(f / 7,5)^2 \text{ in Bark, mit } f = \text{Frequenz in kHz}$$

$$\text{Frequenzgruppenbreite } CB = 25 + 75 \cdot (1 + 1,14 \cdot f^2)^{0,69} \text{ in Hz, mit } f = \text{Frequenz in kHz}$$

Diese Zusammenhänge sind insbesondere durch die Tatsache fundiert, dass sie gut mit der Physiologie des Ohres korrelieren: Die Basilarmembran innerhalb der Hörschnecke stellt den Übergang zwischen dem mechanischen Innenohr und dem Hörnerv dar (hier findet der Transduktionsvorgang von mechanischer in

neuronalen Energie statt). Auslenkungen der Basilarmembran, die durch Schallwellen verursacht werden, führen über die sogenannten Haarzellen zu einer Veränderung des Rezeptorpotenzials (für den Aufbau des Ohres siehe z.B. [Zenner 2011]). Durch die spezielle Form und Beschaffenheit der ca. 34 mm langen Basilarmembran verändert sich deren Eigenfrequenz über ihre Länge. Tritt nun eine Schallwelle eines Tons in das Innenohr ein, so führt dies genau in jenem Bereich der Basilarmembran zu einer großen Auslenkung, wo Eigenfrequenz und Schallfrequenz nahe beieinanderliegen bzw. übereinstimmen. Verschiedene Teilabschnitte der Basilarmembran sind somit für die Wahrnehmung verschiedener Frequenzen verantwortlich. Allerdings verhalten sich nicht die Länge der Basilarmembran und die Schallfrequenzen linear zueinander, sondern die Länge der Basilarmembran und die Frequenzgruppen: Die Basilarmembran lässt sich in 24 äquidistante Teilstücke von ca. 1,3 mm aufteilen, bei denen die jeweils zur Frequenzgruppe zugehörige, maximale Auslenkung stattfindet. Mit zunehmender Tonheit in Bark vergrößert sich also der Frequenzbereich (die Frequenzgruppenbreite), der durch den Teilabschnitt der Basilarmembran abgedeckt wird ([Zwicker 1958]).

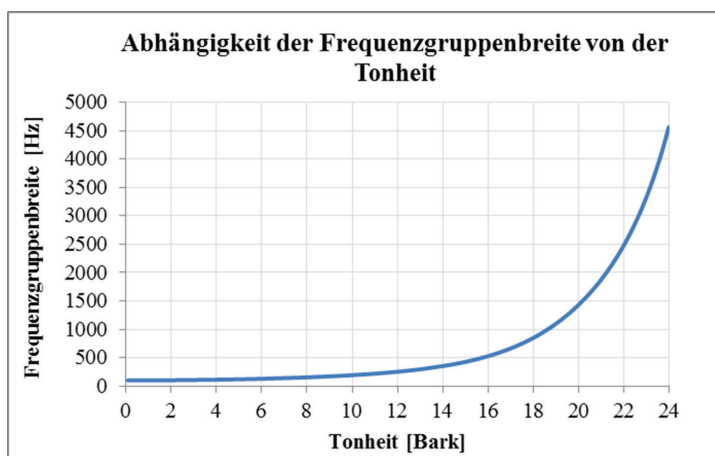


Abbildung 62
Frequenzgruppenbreite und Tonheit nach [Zwicker & Terhardt 1980].

Die Bedeutung der auf der vorangegangenen Seite erwähnten Untersuchungen zur Maskierung von Schall geht jedoch über die Bestimmung von Frequenzgruppen hinaus. Es ist ein Teil der alltäglichen Erfahrung, dass Schallereignisse andere Schallereignisse übertönen - d.h. maskieren - können. Dies kann ein negatives Erlebnis sein wenn z.B. der Verkehrslärm, der über das geöffnete Fenster in den Raum eindringt, das Telefongespräch behindert oder den Nachrichtensprecher im Radio unhörbar macht. Allerdings kann es auch ein positives Ereignis sein, da der maskierende Schall auch als Schutz vor störendem Schall wirken kann. So kann es als positiv gewertet werden, wenn z.B. das Lüftergeräusch des Computers zu einer verminderten Wahrnehmung störenden Schalls von außen oder aus dem eigenen Raum führt.

Typisch für Maskierungsuntersuchungen ist u.a. die Betrachtung von Sinustönen, die durch ein schmalbandiges Geräusch maskiert werden. Dabei werden die einzelnen Sinus-Testtöne über das gesamte Schallspektrum jeweils soweit angehoben, dass sie bei gleichzeitiger Präsentation des Maskierungsgeräusches gerade eben hörbar sind. Die sich daraus ergebende Kurve ist die sogenannte *Mithörschwelle*. Kurvenscharen, wie sie beispielhaft in Abbildung 63 dargestellt sind, ergeben sich aus unterschiedlichen Pegeln des Maskierungsgeräusches. Das in dieser Untersuchung verwendete Maskierungsband umfasst Frequenzen von 1100 - 1300 Hz, ist jedoch offenbar - in Abhängigkeit der Lautstärke des Maskierungsgeräusches - in der Lage auch Sinustöne zu maskieren, die mehr oder weniger deutlich außerhalb dieses Spektrums liegen. Dabei fällt die Flanke auf der tieffrequenten Seite steiler ab als auf der hochfrequenten

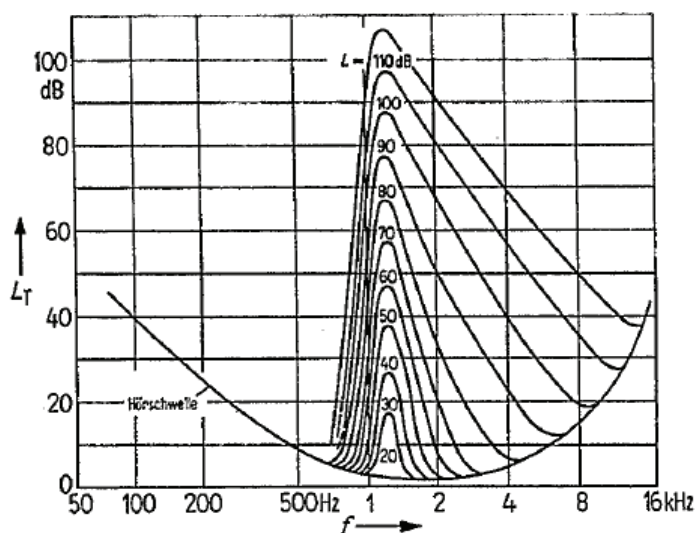


Abbildung 63
Mithörschwelle von Sinustönen bei einem Maskierungsband zwischen 1100 und 1300 Hz mit unterschiedlichen Schalldruckpegeln, Quelle: [Zwicker 1958]. Auf der Ordinate ist der erforderliche Schalldruckpegel des jeweiligen Sinustons aufgetragen (Mithörschwelle).

Seite. Außerhalb dieses Beeinflussungsbereichs gilt die Hörschwelle (die hier andeutungsweise mit dargestellt ist): D.h., dass die Wahrnehmung von Sinustönen mit 200 Hz beispielsweise lediglich von der Hörschwelle bestimmt wird und nicht durch das Maskierungsgeräusch beeinflusst wird. Diese Art Kurvenschar lässt sich für Maskierungsgeräusche aus allen Frequenzgruppen erstellen.

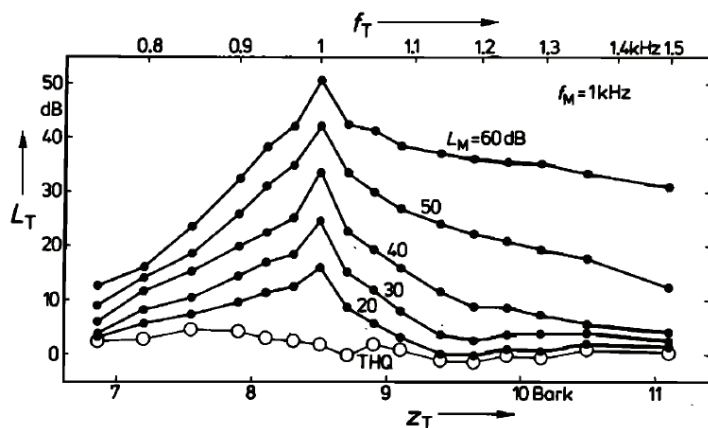


Abbildung 64
Mithörschwelle von Sinustönen bei einem einzelnen Sinus-Maskierungston mit einer Frequenz von 1000 Hz, Quelle: [Zwicker & Jaroszewski 1982]. Auf der Ordinate ist der erforderliche Schalldruckpegel des jeweiligen Sinustons aufgetragen (Mithörschwelle).

Darüber hinaus wurde auch die Maskierung von Tönen durch einzelne Maskierungs-Sinustöne (anstelle von Schmalband-Geräuschen) untersucht. Beispielhaft sind die Mithörschwellen für einen Maskierungston bei 1 kHz unterschiedlicher Lautstärke (L_M) in Abbildung 64 dargestellt (aus [Zwicker & Jaroszewski 1982]). Daran ist erkennbar, dass ein einzelner Sinuston eine nicht unerhebliche Bandbreite an Sinustönen überdecken kann. Außerdem lässt sich an dieser Darstellung das „reversed behavior“ genannte Phänomen ablesen: Bei hohen Schallpegeln des Maskierers verhalten sich die Flanken umgekehrt („reversed“) im Vergleich zu niedrigen Schallpegeln, d.h. laute Töne maskieren höherfrequente Töne besser, leise Töne hingegen niederfrequente Töne.

Der Begriff der *Auffälligkeit* ist eng an die Laborgröße „Mithörschwelle“ gekoppelt. Auffälligkeiten liegen bei einem Schallereignis dann vor, wenn auffällige oder ungewohnte Geräusche gegenüber dem Hintergrundgeräusch existieren und auch wahrnehmbar sind. Die Voraussetzung dafür ist, dass dabei die Mithörschwelle überschritten wird. Als auffällig gelten Geräusche die impuls-, ton- oder informationshaltig sind. *Impulsgeräusche* sind kurze, schnell ansteigende Änderungen des Schallpegels von mindestens 5 dB gegenüber dem Grundgeräusch (z.B. Hammer, Schreibmaschine, Drucklufthammer, [Schmidt 1996]). Aufgrund ihrer biologischen Relevanz ziehen sie schnell die Aufmerksamkeit auf sich, was eine unwillkürliche und vom Menschen nicht steuerbare Reaktion darstellt ([Eiff et al. 1998]). *Tonhaltigkeit* hingegen beschreibt die Hörbarkeit eines Tons in einem Grundgeräusch bzw. die Tatsache, dass ein Ton innerhalb eines Spektrums so laut ist, dass er nicht durch das Grundgeräusch verdeckt wird. Die Norm [Norm DIN 45681 2005] orientiert sich bei der Definition der Tonhaltigkeit eng an der Mithörschwelle. Demnach liegt Tonhaltigkeit in einem Geräusch vor, wenn es einen Ton enthält, „dessen Pegel den Pegel der übrigen Geräuschanteile in der Frequenzgruppe um die Tonfrequenz um weniger als den Betrag des Verdeckungsmaßes α_v unterschreitet.“ Das Verdeckungsmaß beschreibt dabei die Differenz zwischen der Mithörschwelle und dem Pegel der entsprechenden Frequenzgruppe. *Informationshaltigkeit* tritt insbesondere dann auf, wenn durch die Geräusche kognitiv verarbeitbare Informationen transportiert werden, d.h. in erster Linie bei der Übertragung von Sprache, jedoch auch von Musik. Allerdings werden auch ohne kommunikative Absichten des Schallerzeugers durch Schall stets Informationen wie die Art der Quelle, der Ursprungsort oder Aspekte wie Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit mobiler Schallquellen vermittelt ([Eiff et al. 1998]).

Diese Auffälligkeiten haben das Potenzial, als *lästig* empfunden zu werden, da sie ungewollt die Aufmerksamkeit attrahieren. Die Beschreibung dieser Phänomene und ihre Subsumtion unter dem Begriff der Auffälligkeit stellen dabei den Versuch dar, Aspekte des Schalls die über die reine Lautstärke hinausgehen, hinsichtlich ihrer Eigenschaften und ihrer psychologischen Wirkungen auf den Menschen zu beschreiben und zu kategorisieren. Die Vermutung liegt jedoch nahe, dass diese Phänomene unter den unkontrollierbaren und facettenreichen Bedingungen einer realen Umgebung weitaus schwieriger zu fassen sind als unter kontrollierten Laborbedingungen. Dennoch wird in der gängigen Normung (notwendigerweise) der Versuch unternommen, Auffälligkeiten in die jeweiligen Grenzwertkonzepte zu integrieren.

Die Basis für die Begrenzung der Schallimmissionen an einem Ort ist der sogenannte *Mittelungspegel* L_{Aeq} ([Norm DIN 45641 1990]). Dieser stellt denjenigen A-bewerteten und zeitlich konstanten Schallpegel dar, dessen Schallenergie zur imitierten Schallenergie des realen Schallpegels im zeitlichen Mittel äquivalent ist. Eine zeitlich veränderliche Größe wird somit also zu einer konstanten Ersatzgröße umgeformt. Dabei ist die Annahme plausibel, dass diese Verfahrensweise umso mehr Berechtigung hat, je konstanter die reale Schallimmission tatsächlich ist. Weist die Schallimmission jedoch ein zeitlich stark schwankendes Intensitätsmuster auf, so ist die Realitätsnähe dieses Verfahrens anzuzweifeln. Hellbrück und Fischer weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass relativ wenig darüber bekannt ist, wie „einzelne subjektive Eindrücke im Gedächtnis zu einem Gesamteindruck zusammengefasst werden. Es ist zu vermuten, dass es sich hierbei um keine einfache Beziehung handelt, sondern verschiedene Wahrnehmungs- und kognitive Faktoren zu berücksichtigen sind. Fragen nach den zugrunde liegenden Bezugssystemen und Adaptationsniveaus sowie nach Aufmerksamkeits- und Gedächtnisprozessen spielen hierbei gewiss eine wichtige Rolle“ ([Hellbrück & Fischer 1999], S. 219).

Die Normung sieht darüber hinaus vor, den Mittelungspegel für den Fall von Auffälligkeiten durch Zuschläge zum sogenannten *Beurteilungspegel* umzurechnen. So schreibt die [TA Lärm 1998] beispielsweise Zuschläge zum Mittelungspegel von 3 bis 6 dB für Auffälligkeiten oder während „Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit“ vor. Gemäß [Sportanlagenlärmschutzverordnung 1991] müssen bei Lautsprecherdurchsagen und Musikwiedergaben Zuschläge berücksichtigt werden, insbesondere „wenn Lautsprecherdurchsagen gut verständlich oder Musikwiedergaben deutlich hörbar sind“.

Im Kontext dieser Arbeit sind diese normierten Verfahren, die zur Darstellung des Außenlärms auf einen „Beurteilungspegel“ zurückgreifen, unbrauchbar, da hierbei zeitlich variierende Eigenschaften des Schalls zu einem - mehr oder weniger charakterisierenden - Einzahlwert zusammengefasst werden. Wie Abbildung 65 beispielhaft aufzeigt, kann das Verkehrslärmaufkommen z.B. große zeitliche Schwankungen aufweisen. Deutlich sind die Berufsverkehrszeiten an einem Arbeitstag und die Freizeitverkehrszeiten an einem Wochentag identifizierbar. Diese Zeitinformationen sind für die Gebäudesimulation relevant, da ein Gebäudenutzer - wie sich leicht bei der Betrachtung der Abbildung 65 vorstellen lässt - während der Arbeitswoche vermutlich eher in den Morgen- und in den Abendstunden dazu neigen würde, das Fenster aufgrund des Außenlärms zu schließen, am Wochenende jedoch vermutlich eher um die Mittagszeit. Über längere Zeiträume integrierte Schalleigenschaften, womöglich um Zuschläge für Auffälligkeiten ergänzt, führen also offensichtlich zu Einzahlwerten, die diese zeitliche Varianz nicht angemessen darstellen können.

Das Ziel der Normung besteht zunächst darin, den Immissionspegel auf ein vertretbares Maß zu begrenzen und damit der Lärmbelastung vorzubeugen. Die Belästigung - oder *Lästigkeit* - spielt dabei also eine zentrale Rolle. Lästigkeit wird von [Hellbrück & Fischer 1999] als „bewusste Wahrnehmung einer Störung durch Lärm“ beschrieben. [Guski et al. 1999] fassen verschiedene, verbreitete „Lästigkeitskonzepte“ zusammen: Dazu zählen

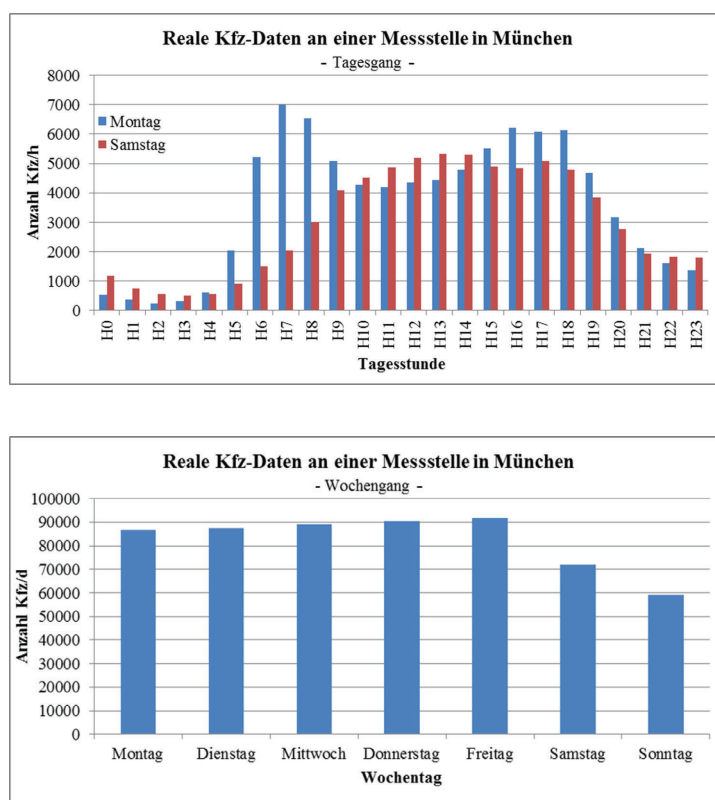


Abbildung 65
Beispielhafte Tages- und Wochengänge der Kfz-Belastung an einer typischen Hauptverkehrsstraße in München, Quelle: [Landeshauptstadt München 2010].

- das affektive Erleben der Lästigkeit mit direktem Bezug zur Lärmquelle (z.B. die Korrelation zwischen der Angst vor Flugzeugabstürzen und dem Erleben von Fluglärm als lästiges Phänomen),
- die Bewertung von Lärm als lästig aufgrund der dadurch hervorgerufenen Störung der momentanen Tätigkeit (Kommunikationsstörung, Konzentrationsstörung, Schlafstörung, usw.),
- die Bewertung vor dem Hintergrund der Einstellung zu den Eigenschaften der Lärmquelle (z.B. Flugverkehr, Kinderspielplatz),
- die Bewertung vor dem Hintergrund des Wissensstandes mit Bezug auf die Auswirkungen von Lärm (z.B. gesundheitliche Schäden, kognitive Einschränkungen).

Die zusätzlich von [Guski et al. 1999] durchgeführte Umfrage unter Experten (definiert als Personen mit professioneller Auseinandersetzung mit den Wirkungen von Lärm auf Menschen) zeigte außerdem, dass Lästigkeit („annoyance“) als die wichtigste Folge von Lärm betrachtet wird, gefolgt von Störung („disturbance“) und Ärger („anger“).

Das Konzept *Lästigkeit* fasst demnach Bewertungskriterien unter *einem* Begriff zusammen, die in der Realitätsbeschreibung *getrennt* systematisiert wurden: Dies spiegelt sich z.B. in der Differenzierung zwischen Störungskorrekturaktivitäten mit *Behaglichkeitszielen* (affektive Dimension) und mit *Funktionserhaltungszielen* (Tätigkeitsstörung) wider, siehe Abschnitt 4.3.10.3.2 auf Seite 158. Zusätzlich wurde in der Realitätsanalyse auf den *grundsätzlichen* Einfluss von *Einstellungen* und *Wissen* (Abschnitte 4.3.6.8 auf Seite 114 und 4.3.6.9 auf Seite 114) auf die Beurteilung der Umwelt verwiesen.

Die in der Realitätsanalyse vorgenommene Differenzierung von Störungskorrekturaktivitäten hinsichtlich ihrer Zielstellung ist im Sinne dieser Arbeit notwendig, um den Einfluss der Umgebungsbedingungen auf das Interaktionshandeln des Individuums *tätigkeitsspezifisch* unterscheiden zu können. Dies lässt ein *generelles* Konzept der Lästigkeit nicht zu. Untersuchungen, die den Zusammenhang zwischen Lärmpegel (oder anderen Schallgrößen) und Lästigkeit untersuchen und dabei die Tätigkeit der untersuchten Personengruppe nicht erfassen, sind für diese Arbeit also nur bedingt brauchbar. Da diese Untersuchungen jedoch häufig dem in der Psychophysik typischen Vorgehen folgen, die Intensität einer Umgebungsgröße in eine rechnerische Relation zu einer psychologischen Reaktion („dose-response“) zu stellen, sollen hier dennoch einige diesbezüglich aussagekräftige Untersuchungen dargestellt werden.

[Miedema & Vos 1998] führten eine Metastudie zur Lästigkeit von Lärm durch, indem sie zahlreiche Studien aus verschiedenen Ländern (z.B. USA, Kanada, Deutschland, Frankreich, Schweden) zusammenführten und gemeinsam auswerteten. Die Studie differenziert dabei zwischen Straßen-, Flugverkehrs- und Eisenbahnlärm.

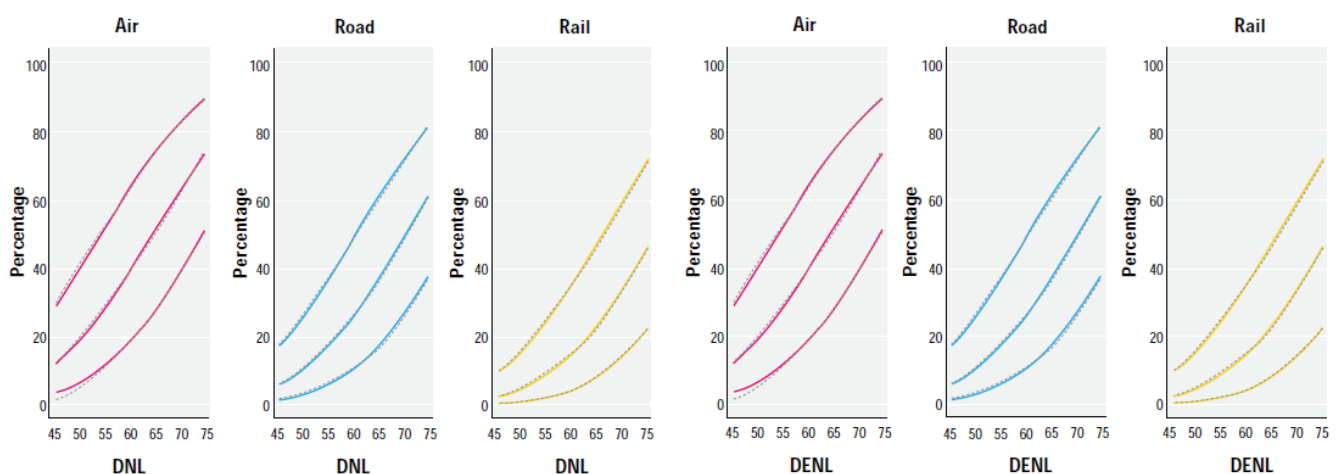


Abbildung 66

Abhängigkeit der Lästigkeit des Schalls in Abhängigkeit von DNL oder DENL, von oben nach unten: LA, A, HA, Quelle: [Miedema & Oudshoorn 2001].

Als Intensitätsgröße verwenden sie den DNL, d.h. den „Day-Night-Level“. Dieser stellt den äquivalenten, A-bewerteten Dauerschallpegel dar, wobei während definierter Nachtzeiten ein Zuschlag von 10 dB addiert wird. Als Reaktionsgröße wird der prozentuale Anteil der Personen verwendet, die angeben, sich durch den Lärm stark belästigt („highly annoyed“, HA) zu fühlen. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass unterhalb eines Pegels von 42 dB(A) - unabhängig von der Lärmquelle - keine größere Lästigkeit auftritt (0 % HA). Oberhalb dieses Pegels wächst der Anteil der HA-Antworten an, jedoch mit unterschiedlichen, von der Lärmart abhängigen, Gradienten.

In einer weiteren Studie auf Basis der gleichen Datensätze haben [Miedema & Oudshoorn 2001] die Betrachtung etwas erweitert. Zum einen verwendeten sie neben dem DNL alternativ den DENL („Day-Evening-Night-Level“ mit einem Zuschlag von 5 dB(A) während vier Abendstunden) als unabhängige Variable ihres Vorhersagemodells und erstellten außerdem zusätzlich Regressionskurven für die Kategorien „annoyed“ (A) und „a little annoyed“ (LA). Die Ergebnisse unterscheiden sich jedoch nicht erheblich von den Ergebnissen der ersten Studie. Die Regressionskurven sind in Abbildung 66 als Beispiel dargestellt.

Pedersen und Kollegen untersuchten mittels unterschiedlicher Studien in Schweden und den Niederlanden die Lästigkeit des Lärms, der von großen Windgeneratoren (bis 50 m Höhe, Rotordurchmesser bis 47 m) ausgeht. Auch sie konnten einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem A-bewerteten Dauerschallpegel (ohne Nacht- oder Abendzuschläge) und dem Grad der Lästigkeit (bei Aufenthalt außerhalb des Gebäudes) feststellen. Allerdings steigt der Grad der Lästigkeit im Vergleich mit den Studien zum Verkehrslärm deutlich steiler an. Eine mögliche Begründung dafür sind die charakteristischen Lärmeigenschaften der Windgeneration, die mit Adjektiven wie zischend, pfeifend, klopfend und pulsierend beschrieben werden und mit der empfundenen Lästigkeit korrelieren. Zusätzlich zeigten sich signifikante, positive Zusammenhänge zwischen dem subjektiven Grad der Belästigung und einer negativen Einstellung zum visuellen Erscheinungsbild der Generatoren ([Pedersen & Waye 2004]). Lästigkeit korrelierte außerdem mit schlechtem Schlaf und negativen Emotionen (erhöhte Müdigkeit, erhöhte Anspannung, [Pedersen & Waye 2007]). Individuen, die ökonomisch von der Existenz der Windturbinen profitierten, empfanden den Lärm signifikant seltener als lästig ([Pedersen et al. 2008]).

Die hier demonstrierten Vorgehensweisen, insbesondere die Verwendung von äquivalenten Dauerschallpegeln als unabhängige Größe, ist beispielhaft für diese Art Feldstudien. Die Kritik, die bereits oben an der Verwendung von äquivalenten Dauerschallpegeln in der Normung geäußert wurde, gilt hier also entsprechend. Darüber hinaus erschweren jedoch zusätzliche methodische Eigenschaften der Studien die Anwendung im Kontext dieser Arbeit: Ein wesentlicher Punkt ist die Tatsache, dass diejenigen Pegel verwendet wurden, die für Punkte außerhalb der Gebäude bestimmt wurden (z.B. „at the most exposed side of a dwelling“, [Miedema & Oudshoorn 2001]). Wirksam für den Gebäudenutzer ist jedoch der Lärm *innerhalb* seines Aufenthaltsraums. Dieser Lärmpegel hängt von zahlreichen Aspekten ab, wie z.B. der Schallschutzqualität der Gebäudehülle, dem Öffnungszustand des Fensters und der Position des Raums innerhalb der Topologie des Gebäudes (lärmzugewandt - lärmabgewandt). Diese Aspekte wurden ausführlich im Rahmen der Realitätstaxonomisierung in Abschnitt 4 auf Seite 59 als relevant für das Nutzerverhalten identifiziert und können somit im Rahmen einer solchen Betrachtung nicht vernachlässigt werden.

Eigenschaften dieser Art wurden in den Untersuchungen jedoch nicht erfasst und konnten somit auch nicht berücksichtigt werden. Außerdem wäre es darüber hinaus wünschenswert, dass mit Blick auf die oben dargestellten, psychoakustischen Erkenntnisse nicht die bewerteten Schallpegel, sondern direkt die Lautstärke in phone oder die Lautheit in sone als Prädiktor herangezogen würden. All diese Aspekte - die ohne Zweifel nur mit einem enormen Aufwand erhoben werden können - beeinflussen die Exposition des Gebäudenutzers und dessen Lärmwahrnehmung, sodass die Ergebnisse dieser Studien lediglich grobe Anhaltspunkte für den Zweck dieser Arbeit darstellen können. Wie oben mit Bezug auf [Guski et al. 1999] bereits erläutert umfasst die negative Wirkung von Lärm außerdem Aspekte wie das Störungspotenzial („disturbance“) des Lärms, welches nur mit Bezug auf die Tätigkeit der Gebäudenutzer analysierbar ist. Auf diesen Aspekt der Bewertung von Schall wird in Abschnitt 5.4.3.8.1.A auf Seite 295 eingegangen.

5.4.3.6.6 Psychophysik der visuellen Empfindung und Bewertung

Elektromagnetische Strahlung besteht aus einem kontinuierlichen Spektrum elektromagnetischer Wellen, die im weitesten Sinne durch schwingende bzw. beschleunigte elektrische Ladungen erzeugt werden. Die Strahlung wird durch ihre Wellenlänge λ in μm bzw. ihre Frequenz f in Hz und ihre Intensität in W charakterisiert. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle entspricht dabei unabhängig von der Wellenlänge der Lichtgeschwindigkeit c . Die Wellenlängen variieren stark über das Kontinuum und reichen in der Größenordnung von Kilometern bis zu Nanometern. Alle Wellenlängen gehorchen jedoch grundsätzlich den gleichen physikalischen Gesetzen. Dazu zählt z.B., dass sich Strahlen geradlinig fortpflanzen, dass sie durch ein Medium entweder absorbiert, reflektiert oder transmittiert werden und dass Strahlen gebrochen oder gestreut werden können.

Auch wenn die physikalischen Gesetzmäßigkeiten unabhängig von der Wellenlänge der Strahlung sind, wird das Spektrum klassischerweise unterteilt und die Teilspektren unterschiedlich benannt. Diese Benennung erfolgt häufig nach praktischen Gesichtspunkten, nach ihren Entdeckern oder nach den für den Menschen wichtigen Eigenschaften. Die Benennung ist nicht automatisch an den Entstehungsmechanismus der Strahlung gebunden (siehe Tabelle 48, Quelle: [Meschede 2003], [Elsner et al. 1993], [Hilbig 1999]):

Tabelle 48

Aufteilung des elektromagnetischen Spektrums in Wellenlängenbereiche, Quelle: [Meschede 2003], [Elsner et al. 1993], [Hilbig 1999].

Bezeichnung	Wellenlänge μm	Entstehung
Hertzische Wellen	>1000	Werden durch schwingende Ladungen in elektrischen Leitern erzeugt.
Infrarotstrahlung	0,75 bis 1000	Molekülrotationen und Molekülschwingungen führen zur Abgabe von Strahlung.
Sichtbares Licht	0,4 bis 0,75	Elektronen aus dem Bereich der äußeren Atomhülle wechseln ihre Bahn und geben dabei Energie ab, zusätzlich befinden sich Moleküle in Schwingung und geben dabei Strahlung ab.
Ultraviolette Strahlung	10^2 bis 0,4	Elektronen aus dem Bereich der äußeren Atomhülle wechseln ihre Bahn und geben dabei Energie ab.
Röntgenstrahlung	10^{-6} bis 10^{-2}	Zwei Entstehungsmechanismen: 1.) Bremsstrahlung, d.h. die kinetische Energie abgebremster Elektronen wird in Strahlung umgesetzt. 2.) Elektronen aus dem Bereich der inneren Atomhülle wechseln ihre Bahn und geben dabei Energie ab.
Gammastrahlung	$< 10^{-6}$	Teil der atomaren Strahlung, die nach der Kernspaltung auftritt. Der Kern befindet sich noch in einem angeregten Zustand und gibt seine Energie über Gammaquanten ab.

- *Hertzische Wellen werden i.d.R. künstlich mit dem Ziel erzeugt, Informationen zu übertragen (Radio, Fernsehen, Mobilfunk) oder Objekte zu orten (Radarmikrowellen). Allerdings geben auch Objekte aus dem Weltraum Hertzische Wellen ab, die dann auf der Erde empfangen und analysiert werden können.*
- *Infrarotstrahlung zählt zur langwelligen Temperaturstrahlung und wird von Körpern eines definierten Temperaturbereichs abgeben. Diesen Umstand macht man sich im Rahmen der Thermografie oder z.B. auch der Messung des Bewölkungsgrades zunutze. In der klassischen Ingenieurthermodynamik ist die Betrachtung des Infrarotbereichs ein wesentlicher Teil der Wärmeübertragungslehre, da praktisch alle Gegenstände in diesem Wellenlängenbereich abstrahlen.*
- *Das sichtbare Spektrum ist historisch der Ausgangspunkt für die Erforschung der elektromagnetischen Strahlung. Es umfasst absolut gesehen einen minimalen Anteil der Gesamtstrahlung und relativ lediglich eine Oktave. Die natürliche Quelle ist die Sonne, durch verschiedene Verfahren wird Licht jedoch selbstverständlich auch künstlich hergestellt.*
- *Ultraviolette Strahlung ist ein Teil des von der Sonne abgegebenen Spektrums. Spektral schließt sie sich an die violette Strahlung des sichtbaren Lichts an, genauso wie sich die Infrarotstrahlung an das sichtbare rote Licht anschließt. Der kurzwellige Anteil zählt bereits zur ionisierenden Strahlung, d.h., ihr Energiegehalt reicht aus, um Elektronen aus Atomen oder Molekülen zu lösen und somit deren Struktur zu ändern. Daher rührt die Notwendigkeit, sich vor UV-Strahlung zu schützen. Eine künstliche Verwendung ist z.B. die Desinfektion von*

Trinkwasser oder von Oberflächen. Sterne senden ebenfalls UV-Strahlung aus, jedoch mit einer im Vergleich zur Sonne untergeordneten Intensität.

- Die Röntgenstrahlung wurde von Wilhelm Conrad Röntgen entdeckt und wird vornehmlich im medizinischen Bereich verwendet und dafür künstlich erzeugt. Röntgenstrahlung wirkt ionisierend und ist daher potenziell gewebeverändernd. Der Strahlungsanteil aus dem All wird durch die Atmosphäre absorbiert und ist daher auf der Erdoberfläche nicht wirksam.
- Gammastrahlung ist im Wesentlichen ein Produkt nuklearer Zerfallsprozesse. Die Strahlung wirkt aufgrund ihres hohen Energiegehalts stark ionisierend und ist daher biologisch extrem schädigend.

Neben dieser Aufteilung, die sich hauptsächlich an den Wellenlängenbereichen orientiert, gibt es weitere zweckgebundene Systematisierungen mit entsprechender Taxonomisierung. Dieses Vorgehen dient dazu, Sachverhalte dem Betrachtungszweck entsprechend pointiert darzustellen.

Dem sichtbaren Spektrum der Strahlung wurde aufgrund seiner besonderen Bedeutung für den Menschen ein eigenes Einheitensystem gegeben. Die vier wesentlichen physikalischen Grundgrößen, von denen auch die psychophysikalische Betrachtungsweise abhängt, sind (siehe z.B. [Baer 1996]) der *Lichtstrom* Φ , gemessen in Lumen lm, die *Beleuchtungsstärke* E , gemessen in Lumen pro Fläche bzw. Lux lx, die *Lichtstärke* I , gemessen in Lumen pro Raumwinkel bzw. Candela cd und die *Leuchtdichte* L , gemessen in Candela pro Fläche cd/m^2 .

Der Lichtstrom Φ in Lumen ist das lichttechnische Äquivalent zur Strahlungsenergie in Watt, bezieht sich jedoch lediglich auf das sichtbare Spektrum und wird außerdem mit der spektralen *Hellempfindlichkeitskurve* $V(\lambda)$ des Auges gewichtet. Beide Rezeptoren des Auges, die für das Sehen verantwortlich sind, also *Stäbchen* und *Zapfen*, weisen wellenlängenabhängige Hellempfindlichkeiten mit Bezug auf die Energie des Lichtes auf. Sie wandeln also die elektromagnetische Strahlung verschiedener Frequenzen mit einer unterschiedlichen Effizienz in empfundene *Helligkeit* um. Diese spektrale Empfindlichkeit ist außerdem für Stäbchen, die für das skotopische Sehen (Schwarz-Weiß-Sehen bei Dämmer- bzw. Sternenlicht) zuständig sind, und für Zapfen, die für das photopische Sehen (Buntsehen bei Tageslicht) zuständig sind, nicht vollkommen identisch. Die Hellempfindlichkeitskurven des Auges für photopisches und für skotopisches Sehen sind in Abbildung 67 dargestellt ([Eysel 2011]).

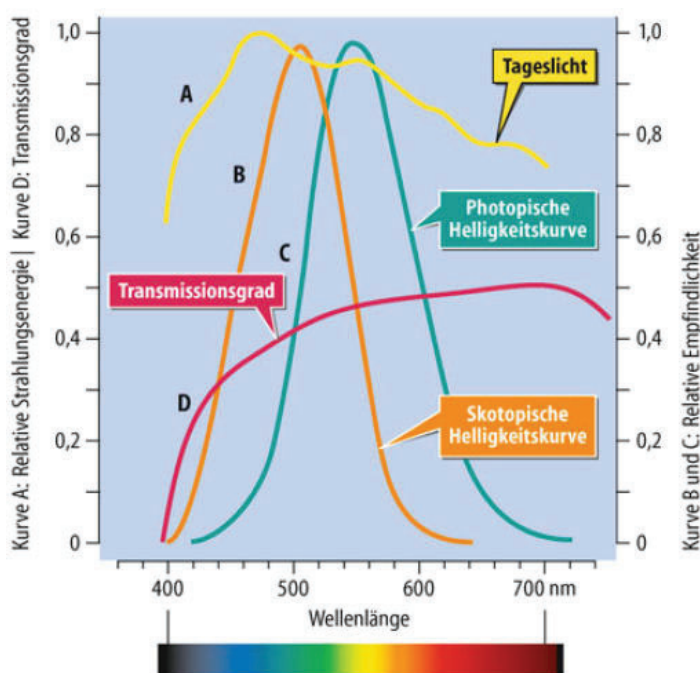


Abbildung 67
Hellempfindlichkeitskurve des Auges für B skotopisches Sehen, C photopisches Sehen, Kurve A: Normintensität des Tageslichtes, Kurve D: Transmissionsgrad des menschlichen Auges, Quelle: [Eysel 2011].

Die höchste Empfindlichkeit der Zapfen liegt bei einer Wellenlänge von etwa 555 nm, d.h. im gerade noch grünen Farbbereich. Dies bedeutet, dass das Licht dieser Wellenlänge dem Auge im Vergleich mit den anderen Wellenlängen und unter der Voraussetzung gleicher Energieintensität heller erscheint. Per definitionem hat Licht dort ein *fotometrisches Strahlungsäquivalent* von 683 lm/W. [Baer 1996] gibt für eine 100-W-Glühlampe einen gesamten Lichtstrom von 1380 lm (entspricht ca. 14 lm/W) und für eine 58-W-Leuchtstofflampe einen Lichtstrom von 5200 lm (entspricht ca. 90 lm/W) an. Für den bedeckten Himmel gibt die [Norm DIN 5034 1985] ein fotometrisches Strahlungsäquivalent von 115 lm/W an.

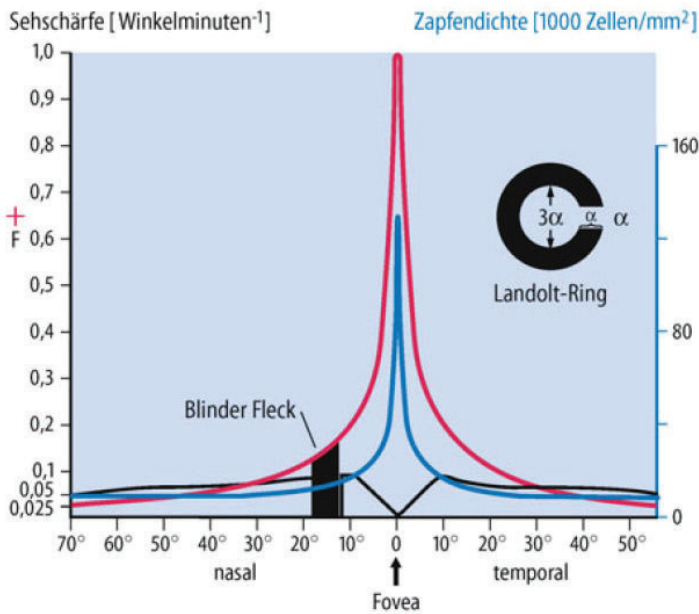


Abbildung 68
 Sehschärfe (linke Ordinate): roter Graph für Zapfen, schwarzer Graph für Stäbchen.
 Dichte der Rezeptorverteilung auf der Retina (rechte Ordinate): blauer Graph für Zapfen.
 Der hier dargestellte Landolt-Ring dient der Ermittlung der Sehschärfe, siehe Erläuterungen auf Seite 276, Quelle: [Eysel 2011].

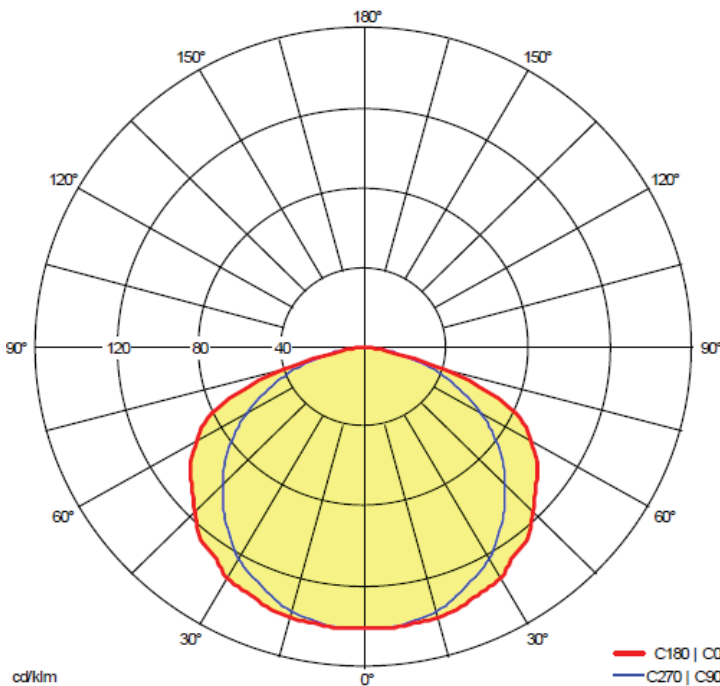


Abbildung 69
 Beispiel für die Darstellung der winkelabhängigen Lichtstärke einer nach unten gerichteten Deckenleuchte. Die blaue und die rote Kurve zeigen den winkelabhängigen Lichtstrom für zwei Schnittebenen an. Die Gradzahlen am äußeren Kreis geben den Abstrahlwinkel an, während die Zahlen an den radialen Achsen den Lichtstrom, bezogen auf einen gesamten Lichtstrom der Lampe von 1 klm, angeben, Quelle: [Thornlight 2012].

Darüber hinaus - dies stellt die Abbildung 68 dar - sind die Fotorezeptoren nicht gleichmäßig auf der Retina verteilt. Eine hohe Dichte an Zapfen befindet sich in der Fovea, in der jedoch keine Stäbchen vorliegen. Entsprechend verhält sich die Fähigkeit zur Sehschärfe: Beim Tagsehen können Objekte, deren Bild direkt auf die Fovea projiziert wird, mit höchster Schärfe aufgelöst werden. Beim Nachtsehen hingegen ist eine vergleichbare Sehschärfe aufgrund der geringen Stäbchendichte ausgeschlossen. Aufgrund dieser Verteilung der Rezeptoren auf der Retina gelten die $V(\lambda)$ -Kurven streng genommen lediglich für ein definiertes Sichtfeld (z.B. 2° für das photopische Sehen).

Die übrigen drei Größen - Beleuchtungsstärke, Lichtstärke und Leuchtdichte - beziehen den Lichtstrom auf eine sinnvolle geometrische Größe. So beschreibt die *Beleuchtungsstärke* E die Menge des Lichtes, die auf eine Fläche mit definierter Ausrichtung auftrifft (die Einheit lx entspricht lm/m^2). Die *Lichtstärke* I hingegen bezieht sich auf die Lichtquelle und ist ein Maß dafür, wie viel Licht von dieser Quelle in einen Raumwinkelbereich abgestrahlt wird. Die Einheit Lumen pro Steradian wird dabei zu Candela cd zusammengefasst (ein Beispiel dafür ist in Abbildung 69 dargestellt). Eine entscheidende Rolle für das Helligkeitsempfinden spielt die *Leuchtdichte* der Lichtquelle in cd/m^2 . Sie bezieht nicht nur den Lichtstrom in einem Winkelbereich ein, sondern bezieht diesen Wert zusätzlich auf die sogenannte „scheinbar leuchtende Fläche“. Damit ist nicht die tatsächliche Größe der leuchtenden Fläche gemeint (z.B. des Fensters), sondern die Größe der Fläche, wie sie dem Betrachter aus seinem Blickwinkel erscheint. Wird das Fenster frontal betrachtet, so sind die scheinbare und die reale Größe der Fläche identisch. Tritt der Betrachter jedoch zur Seite und sieht das Fenster aus einem anderen Winkel, so erscheint ihm die Fläche im Vergleich kleiner. Es handelt sich bei der „scheinbar leuchtenden Fläche“ also um die Projektion der realen Fläche auf die Senkrechte der Blickrichtung der Person.

Die genannten Größen sind nicht unabhängig voneinander. Je größer der Lichtstrom ist, der auf ein Blatt Papier trifft (hohe Beleuchtungsstärke E), umso größer ist auch

die Leuchtdichte des Papiers aus dem Blickwinkel des Betrachters. Wie hoch die Leuchtdichte dabei konkret ausfällt, hängt jedoch zusätzlich von den Reflexionseigenschaften des Papiers ab (Höhe und Winkelabhängigkeit). Gleiches gilt z.B. auch für die Raumboflächen, die beispielsweise durch die Sonne bestrahlt werden. In Abhängigkeit der Reflexionseigenschaften erscheinen sie dem Raumnutzer unterschiedlich hell und sie tragen unterschiedlich stark zur Helligkeit des Raums bei. Die Reflexionseigenschaften der Raumhülle wurden bereits in den Abschnitten 4.3.5.5.2 und 4.3.5.5.3 auf Seite 103 als für das Individuum wahrnehmbare und daher relevante Eigenschaften identifiziert.

Die *Hellempfindung* (und damit die Leuchtdichte) spielt für die *Sehleistung* eine erhebliche Rolle, da die Fähigkeit des Menschen, Einzelheiten visuell zu unterscheiden, direkt von der Helligkeit abhängt. [Stevens 1962] gibt in seiner Potenzfunktion $E = c \cdot (R - R_0)^n$ einen Exponenten $n = 0,3$ für Helligkeit an, [Warren & Warren 1958] ermittelten einen Exponenten von 0,5. Das Helligkeitsempfinden steigt also in jedem Fall unterlinear mit der Leuchtdichte an und erreicht somit schnell einen Sättigungsgrad, der eine Unterscheidung zwischen zwei Helligkeiten schwierig macht.

Flächen mit unterschiedlicher Helligkeit (d.h. unterschiedlichen Leuchtdichten) innerhalb des Blickfeldes führen zu einem *Kontrastempfinden*. Die Buchstaben dieses Textes weisen z.B. aufgrund ihrer schwarzen Farbe eine andere Leuchtdichte auf als das Weiß des Hintergrunds. Zwischen Buchstaben und Hintergrund besteht also ein starker Kontrast. Die quantitative Definition des *Kontrasts* C geht auf [Blackwell 1959] zurück und setzt die Differenz zwischen der Objektleuchtdichte L_O und der Hintergrundleuchtdichte L_H ins Verhältnis zur Hintergrundleuchtdichte:

$$C = (L_O - L_H)/L_H \quad \text{bzw. } C = \Delta L/L_H$$

Der sogenannte *Schwellenkontrast* \dot{C} ist eine Kenngröße für die Sehleistung und bezeichnet denjenigen Kontrast, bei dem ein Objekt mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % vor einem Hintergrund wahrgenommen wird. Ein typisches Laborexperiment dazu besteht beispielsweise daraus, auf eine Wand mit definierter und homogener Leuchtdichte eine kleine Scheibe (ausgefüllter Kreis) mit abweichender Leuchtdichte zu projizieren. Die Versuchspersonen müssen dann angeben, ob sie die kleine Scheibe wahrnehmen können oder nicht ([Blackwell 1959]). Die Wahrnehmungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des relativen Kontrasts ist beispielhaft in Abbildung 70 dargestellt. Die Kontrastangaben beziehen sich dabei auf den Schwellenkontrast, entsprechend ergibt ein relativer Kontrast von 1,0 eine Wahrnehmungswahrscheinlichkeit von 0,5.

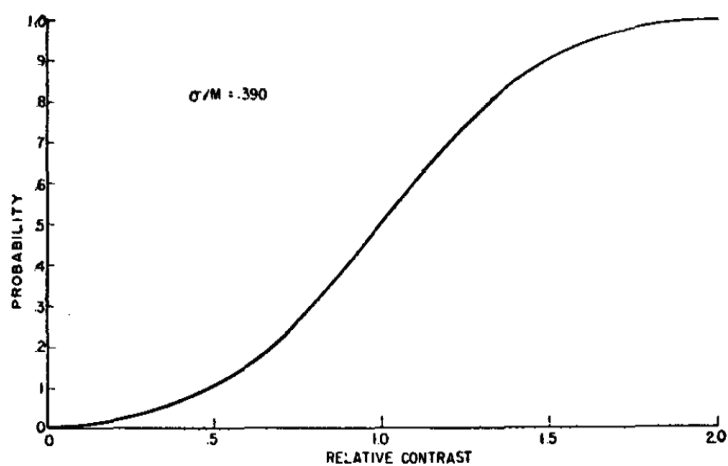


Abbildung 70
Abhängigkeit der Wahrnehmungswahrscheinlichkeit („probability“ auf der Ordinate von 0 bis 1,0) vom relativen Kontrast („relative contrast“ auf der Abszisse von 0 bis 2,0, dargestellt mit Bezug auf den Schwellenkontrast),
Quelle: [Blackwell 1952], fig. 1.

Es liegt jedoch nahe und stimmt außerdem mit der alltäglichen Erfahrung überein, dass der Schwellenkontrast keine konstante Größe ist, sondern von verschiedenen Parametern abhängt. Die Buchstaben dieses Textes sind z.B. - trotz des sehr vorteilhaften Kontrastes - aus einer größeren Entfernung nicht mehr lesbar. Daraus folgt, dass der Schwellenkontrast mit abnehmender Abbildungsgröße auf der Retina ansteigt. Darüber hinaus ist dieser Text von einem Blatt Papier bei Tageslicht einfacher zu entziffern als bei Mondlicht - obwohl der Kontrast zwischen den Buchstaben und dem Hintergrund konstant ist. Erst bei der Präsentation auf einem Monitor, der eine eigene Hintergrundleuchtdichte aufweist, rückt die Bedeutung der Lichtverhältnisse des Raums in den Hintergrund. Schließlich ist die Wahrnehmungswahrscheinlichkeit zusätzlich eine Funktion der Präsentations-

zeit. Oder, andersherum betrachtet, steigt die Wahrnehmungs- bzw. Identifikationszeit bei niedrigen Kontrasten und geringen Objektgrößen an. Dieser Zusammenhang ist anhand der Veränderung des Schwellenkontrastes in Abhängigkeit der Hintergrundleuchtdichte und der Objektgröße in Abbildung 71 dargestellt.

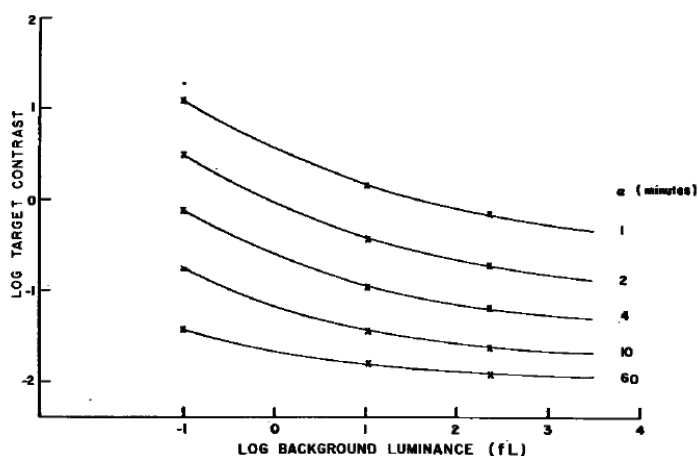


Abbildung 71

Abhängigkeit des Schwellenkontrasts („log target contrast“ auf der Ordinate von -2 bis 2) von der Hintergrundleuchtdichte („log background luminance“ auf der Abszisse von -1 bis 4) und der Objektgröße (Kurvenschar, Winkel von 0 bis 60 Minuten) für eine Präsentationszeit von 1/10 Sekunden. Die Leuchtdichte ist in der alten Einheit Foot-Lambert (fL) dargestellt, die Objektgröße in der Einheit Winkelminuten, Quelle: [Blackwell 1959], fig. 6.

Es sei in diesem Zusammenhang noch darauf hingewiesen, dass die Definition des Kontrastes C seiner Form nach dem Fechner-Gesetz gleicht. Dem Fechner-Gesetz zufolge ist ein konstantes Verhältnis von $\Delta R/R$ proportional zum Zuwachs der Empfindungsstärke ΔE . Ein konstanter Kontrast $\Delta L/L_H$ sollte also unabhängig von der Hintergrundleuchtdichte L_H zu einem konstanten Kontrastempfinden führen - sofern das Helligkeitsempfinden dem Weber-Fechner-Gesetz folgt. [Baer 1996] verweisen jedoch auf die Kontrastfunktion, die insbesondere für niedrige Kontraste eine deutlich geringere Kontrastempfindung bei geringen Leuchtdichten aufzeigt (siehe Bild 1.57 in [Baer 1996]).

Neben dem Schwellenkontrast wird auch die *Sehschärfe* (Visus) als Maß für die Sehleistung herangezogen. Die Sehschärfe ist als Reziprokwert desjenigen Seh winkels definiert, unter dem zwei Objekte noch voneinander unterschieden werden können. In Abbildung 68 auf Seite 274 ist die Sehschärfe in Abhängigkeit des Retinabereichs aufgetragen. In der Fovea ist die Sehschärfe aufgrund der hohen Zapfendichte am größten. Ein Visus von 1,0 entspricht per definitionem einer Sehschärfe von 100 % und erlaubt die Unterscheidung von zwei Objekten innerhalb *einer* Winkelminute. Bei Versuchen werden z.B. Landolt-Ringe präsentiert, deren Öffnungsseite durch die Versuchspersonen erkannt werden sollen. Dabei wird entweder die Größe der Landolt-Ringe oder deren Abstand von der Versuchsperson variiert, sodass die Öffnung des betrachteten Landolt-Rings einen variierenden Winkelbereich auf der Retina darstellt. Abbildung 68 auf Seite 274 zeigt einen solchen Landolt-Ring.

Die Sehschärfe nimmt bis zu einer Beleuchtungsstärke von 1000 lx zu und verbleibt oberhalb davon auf diesem Niveau, lässt sich also nicht wesentlich steigern ([Strasser 1993]). Dies liegt daran, dass der Sehschärfe Grenzen durch die Dichte der Zapfen in der Fovea gesetzt sind: Das retinale Abbild bei einem Visus von 1,0 (d.h. einer Winkelminute, entsprechend 1,5 mm bei einem Abstand von 5 m) beträgt 5 μm und umfasst bei einer Zapfendichte von ca. 140.000 Zapfen pro mm^2 (vergleiche Abbildung 68 auf Seite 274) lediglich zwei bis drei Rezeptoren ([Eysel 2011]).

Die hier beschriebenen, elementaren Sehfunktionen werden also offenbar von einer Reihe von Parametern beeinflusst, die außerhalb des Labors großen Schwankungen unterliegen können. Die Lichtverhältnisse selber, insbesondere ausgedrückt durch die Leuchtdichte und die Beleuchtungsstärke, sind z.B. abhängig von der Verwendung des Kunstlichtes oder des Sonnenschutzes und den vorliegenden äußeren Umgebungsbedingungen (siehe z.B. Abschnitt 4.3.4.7 auf Seite 87 zu den Eigenschaften der Ausstattungselemente und Abschnitt 4.3.5.3 auf Seite 98 zu den Übertragungseigenschaften der regulativen Ausstattungselemente). Andere Parameter werden durch die Tätigkeit und die dabei verwendeten funktionalen Ausstattungselemente vorgegeben (siehe z.B. Abschnitt 4.3.5.6.6 auf Seite 106 über die Einschränkung der Funktionalität als Ergebnis funktionaler Leistungsmerkmale - z.B. Schriftkontrast - und Qualität der Umgebungsbedingungen - z.B. Beleuchtungsstärke). Die Abhängigkeit der Bewertung der Lichtverhältnisse von der Tätigkeit ist jedoch nicht

Gegenstand der hier vorgenommenen Behaglichkeitsbetrachtung, sondern sie wird mit Bezug auf das Bedürfnis nach Ausführung einer funktionalen Aktivität in Abschnitt 5.4.3.8.1 auf Seite 294 betrachtet.

Die in einem Gebäude zur Verfügung stehende Lichtmenge ist von erheblicher Bedeutung. Eine Beurteilungsgrundlage für die erwünschte Beleuchtungsstärke (im Sinne einer Bewertung) stellen die Untersuchungen von [Freymuth 1981] dar. Er untersuchte die *Zufriedenheit* von Hausfrauen mit der Lichtmenge in ihrer Wohnung bei bedecktem Himmel. Die Lichtmenge wurde dabei als *Tageslichtquotient* ausgedrückt. Dieser stellt das prozentuale Verhältnis zwischen der horizontalen Beleuchtungsstärke im Innenraum und der horizontalen, unverbauten Beleuchtungsstärke im Außenraum dar. Die Ergebnisse (Abbildung 72) zeigen, dass zwischen einem Tageslichtquotient von etwa 1,6 und 2,0 % eine Sättigung eintritt und sich die Zufriedenheit ab 2,0 % nicht mehr steigern lässt. Eine beliebig hohe Steigerung der Lichtmenge führt also offenbar nicht zu einer entsprechend besseren Bewertung und wird durch den Nutzer offenbar auch nicht gewünscht. Dieses Bewertungsschema kann sicherlich nicht als (im Sinne einer reinen Behaglichkeitsbetrachtung) strikt tätigkeitsunabhängig angesehen werden. Da die Ergebnisse jedoch auf der Basis einer sehr inhomogenen und allgemeinen Aktivitätsbeschreibung bestimmt wurden (eben all jenes, was in der Wohnung an Aktivität möglich ist), kommen sie einer Behaglichkeitsbetrachtung sicherlich sehr nahe. Spezifisch aktivitätsbezogene Untersuchungsergebnisse werden entsprechend der Strukturierung dieser Arbeit zusätzlich in Abschnitt 5.4.3.8.1.B auf Seite 296 dargestellt.

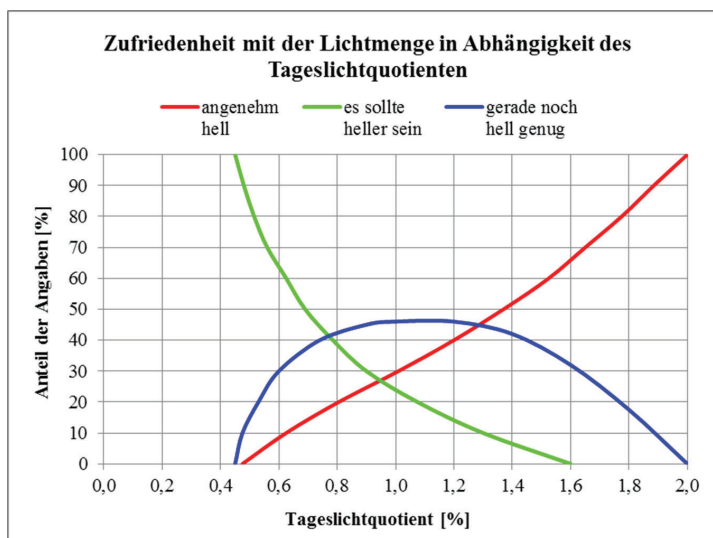


Abbildung 72

Zufriedenheit mit der Lichtmenge in Abhängigkeit des Tageslichtquotienten bei bedecktem Himmel, zusammengefasst für Räume mit Fenster in einer Wand und mit Fenstern in zwei Wänden, nach [Freymuth 1981].

Die zur Verfügung stehende *Absolutmenge* des Lichtes ist bei Weitem nicht das einzige Kriterium, welches für die Beurteilung der Lichtsituation herangezogen wird. Typische Leuchtdichten der Umgebung variieren von 10^{-6} cd/m² für einen bewölkten Himmel bis zu 10^7 cd/m² bei strahlendem Sonnenschein und reflektierenden Schneeflächen. Das Auge ist in der Lage durch Adaptation mit diesem Leuchtdichtebereich zurechtzukommen ([Eysel 2011]). Dies gilt jedoch nur, wenn diese Leuchtdichten nicht *gleichzeitig* oder kurz hintereinander durch das Auge zu verarbeiten sind. Liegen nämlich zu hohe Leuchtdichteunterschiede innerhalb eines Blickfeldes vor, so kommt es zur *Blendung*. Während also eine hohe, jedoch weitestgehend homogene Leuchtdichte beim Aufenthalt im Freien und bei Sonnenschein relativ problemlos tolerierbar ist, so kann bereits ein bedeckter Himmel beim Blick aus dem Fenster zur Blendung führen, wenn die Innenraumoberflächen entsprechend dunkel ausfallen.

Bezüglich Blendung wird zwischen der physiologischen und der psychologischen Blendung unterschieden. Während die *physiologische Blendung* zu quantifizierbaren Einbußen der Sehleistung führt, wird unter der *psychologischen Blendung* nach [Norm DIN EN 12665 2011] diejenige Blendung verstanden, „bei der ein unangenehmes Gefühl hervorgerufen wird, ohne dass damit eine merkbare Herabsetzung des Sehvermögens verbunden sein muss.“ Das Phänomen der psychologischen Blendung wird also unter dem Gesichtspunkt der visuellen Behaglichkeit betrachtet, während die physiologische Blendung tätigkeitsbezogen ist und daher in Abschnitt 5.4.3.8.1.B auf Seite 296 dargestellt wird.

Die psychologische Blendung kann sowohl durch die künstliche Innenraumbeleuchtung als auch durch die Helligkeit des Fensters hervorgerufen werden. Die Blendungswirkung *künstlicher Beleuchtung* kann durch

sogenannte Leuchtdichte-Grenzkurven bestimmt werden, wie sie in der heute nicht mehr gültigen [Norm DIN 5035-1 1990] aufgeführt sind. Nach [Söllner 1968] gehen diese Kurven auf umfangreiche Untersuchungen zurück, bei denen Versuchspersonen die Blendwirkung von Beleuchtungskonstellationen auf einer Verbalskala von „0 - keine Blendung“ bis „6 - Blendung unerträglich (unzumutbar)“ beurteilen sollten. Das heute nach [Norm DIN EN 12464-1 2011] verwendete UGR-Verfahren (Unified Glare Rating) ist hingegen ein reines Rechenverfahren, welches Aspekte wie die Hintergrundleuchtdichte L_U , die Leuchtdichte L und Größe Ω der Blendquelle und die relative Position des Betrachters p berücksichtigt:

$$UGR = 8 \cdot \log (0,25/L_U \cdot \Sigma [L^2 \cdot \Omega/p^2])$$

Das Ergebnis der Berechnung ist ein Index (7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28) der nach [Akashi et al. 1996] die subjektive Einschätzung der Blendung auf einer Verbalskala von „imperceptible“ (entspricht dem Indexwert 7) über „just acceptable“ (entspricht 16) zu „just intolerable“ (28) jedoch tendenziell überschätzt (d.h. ungünstiger abschätzt).

Ein genormtes Blendungsbewertungsverfahren für *Fenster* steht gegenwärtig nicht zur Verfügung ([Norm DIN EN 12464-1 2011]). Dies liegt offenbar daran, dass sich die Gesamtsituation bei einem Fenster erheblich komplizierter darstellt als bei einer künstlichen Beleuchtungsinstallation: Während die Beleuchtungsinstallation örtlich fixiert ist und eine zeitlich weitestgehend konstante Leuchtdichte aufweist, ist die Leuchtdichte des Fensters von der Witterung abhängig, ist damit zeitlich variabel und weist häufig eine inhomogene Struktur auf (je nach Szenerie). Außerdem - und das ist vermutlich ein sehr wesentlicher Aspekt - erfüllt das Fenster eine enorm wichtige Funktion, nämlich dem Nutzer den visuellen Kontakt nach draußen zu ermöglichen.

Die Berechnung der Blendung durch Fenster basiert weitestgehend auf der DGI-Gleichung (Daylight Glare Index) von [Hopkinson 1972], welche strukturell ähnlich aufgebaut ist wie die UGR-Gleichung:

$$DGI = 10 \cdot \log \Sigma [L_s^{1,6} \cdot \Omega^{0,8} / (L_b + 0,07 \cdot \omega^{0,5} \cdot L_s)]$$

Dabei stellt L_s die Leuchtdichte des Fensters (source), ω die projizierte Fläche des Fensters (dargestellt als Raumwinkel), Ω den durch einen Positionsfaktor modifizierten Raumwinkel ω und L_b die Hintergrundleuchtdichte dar.

Der aus dieser Gleichung bestimmte Index ist in seinem Bezug zur subjektiven Empfindung im Vergleich zur UGR-Gleichung etwas verschoben. Ein DGI von 16 beispielsweise entspricht „just perceptible“ (anstelle von „just acceptable“), „just acceptable“ korrespondiert mit einem DGI von 20 (anstelle von 16 beim UGR) während ein DGI-Index von 28 einem UGR-Index von 28 entspricht. Die Skalen konvergieren also bei hohen Blendungsindizes.

Offensichtlich ist diese Gleichung jedoch häufig auf Basis weiterer Untersuchungen modifiziert und angepasst worden (siehe z.B. die Entwicklung eines DGI_{mod} durch [Fisekis et al. 2003]), jedoch ohne zu allgemeingültigen Ergebnissen zu kommen. Dies ist im Fall von Fenstern, die ja einerseits offenbar mehr als bloße „Belichtungsapparate“ sind, und angesichts einer Berechnungsgleichung, die im Gegensatz zur vielfältigen Bedeutung von Fenstern ausschließlich physikalische Parameter erfasst, nicht verwunderlich. Einige Autoren konnten z.B. zeigen, dass die subjektive Blendungsempfindung erheblich von der Art des Ausblicks aus dem Fenster abhängt. [Tuaycharoen & Tregenza 2007] verwendeten für ihre Untersuchung z.B. unterschiedliche Räume eines Hochhauses, deren Fenster jeweils eine vollkommen unterschiedliche Szenerie darboten. So variierte die Szenerie von dem Blick auf eine monotone Betonwand über den Blick über die Stadt bis zu einem Blick über die Landschaft. Die einzelnen Szenen wurden durch Befragung auf einer Skala sortiert, welche den Grad der „Interessantheit“ der Szenerie widerspiegelt. Sie zeigten daraufhin, dass ein Fenster mit gleichen physikalischen Parametern, insbesondere gleicher Leuchtdichte, als weniger blendend empfunden wird, wenn die Szenerie dahinter als interessant eingestuft wird. [Yun et al. 2010] kamen zu vergleichbaren Ergebnissen.

Auf der Basis der von ihnen modifizierten DGI-Gleichung - die dabei den beschriebenen Effekt der Szenerie mitberücksichtigt - weisen [Tuaycharoen & Tregenza 2007] darauf hin, dass das Herabziehen eines Blend-

schutzes vor das Fenster zwar die Leuchtdichte herabsetzt (und nach konventioneller DGI-Gleichung somit auch die Blendung), dass dieser positive Effekt jedoch nahezu aufgehoben werden kann, falls dadurch eine interessante Szenerie durch den monotonen Blick auf den Blendschutz verdeckt wird.

Es erscheint fragwürdig, das subjektive Erleben einer Dimension „interessante Szenerie“ auf das subjektive Erleben der Dimension „Blendung“ projizieren zu wollen. Dies ist vermutlich zu trivial, da auf der Basis der Realitätsbeschreibung ja bereits gezeigt wurde, dass der visuelle Außenkontakt eine Reihe von Aspekten des Handelns betrifft, wie z.B. das Bedürfnis des Individuums nach Privatheit im Gebäude (Abschnitt 4.3.8.5.2 auf Seite 137) oder auch den Wunsch nach Orientierung bei der Entscheidung über Handlungsoptionen (Abschnitt 4.3.11.6 auf Seite 171). Dennoch können solche Ergebnisse als Indiz dafür gewertet werden, dass ein Nutzer in einer realen Bewertungssituation einzelne Bedürfnisse und Ziele im Sinne einer vollständigen Präferenz-Rangfolge (Abschnitt 4.3.9.3 auf Seite 149) gegeneinander abwägt und mögliche Nachteile (hohe Leuchtdichten im Blickfeld) zugunsten von Vorteilen (Erhalt des Außenkontakts) toleriert.

In diesem Zusammenhang muss auf eine besondere Bedeutung von Fenstern in Gebäuden hingewiesen werden, die unabhängig von der Menge der ins Innere transmittierten *sichtbaren* Strahlung ist. Der menschliche Organismus unterliegt einer zirkadianen Rhythmik, die sich in den regelmäßigen Mustern verschiedener physiologischer Parameter äußert (z.B. Pulsrate, Körperkerntemperatur). Diese zirkadiane Rhythmik wird durch den Tag-Nacht-Wechsel beeinflusst, wobei das Sonnenlicht typischerweise als Zeitgeber fungiert. Der Organismus - dessen zirkadianer Rhythmus ohne äußere Einflüsse bei ca. 24,5h liegt - synchronisiert sich somit über externe Eingangssignale. Wird der zirkadiane Rhythmus gestört, beispielsweise bei Schichtarbeitern oder durch permanenten Jetlag, so kann dies erhebliche gesundheitliche Folgen nach sich ziehen ([Krause & Stange 2012]).

Als Rhythmusgeber sind retinale Rezeptoren (Ganglienzellen) verantwortlich, die unabhängig von den Fotorezeptoren (Stäbchen und Zapfen) durch Licht depolarisiert werden. Diese Depolarisation kann auch ohne Aktivierung der Stäbchen und Zapfen stattfinden und ist damit unabhängig vom eigentlichen Seherlebnis ([Berson et al. 2002]). Die verantwortlichen Rezeptoren weisen eine Empfindlichkeit im Wellenlängenbereich um 460 nm auf. Strahlung dieser Wellenlänge unterdrückt in der Folge der Depolarisation die Melatoninausschüttung im Körper um ein erhebliches und signifikantes Maß im Vergleich zu einer Strahlung der Wellenlänge von 555 nm, der Strahlung mit der höchsten Empfindlichkeit beim photopischen Sehen ([Brainard et al. 2001], [Thapan et al. 2001], [Lockley et al. 2003]). Der Melatoninpegel des Körpers bestimmt den Grad der Wachheit, wobei ein niedriger Pegel die Wachheit und ein hoher Pegel die Müdigkeit fördert.

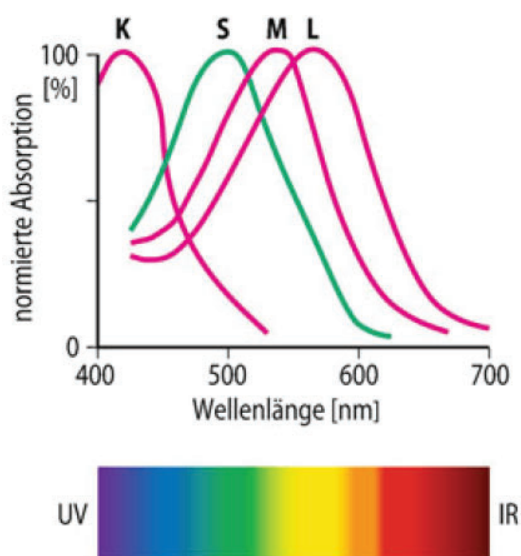


Abbildung 73
Normierter Absorptionsgrad der drei Zapfentypen (K, M, L) und der Stäbchen (S), Quelle: [Eysel 2011].

Dieser Zusammenhang zwischen Licht und Müdigkeit hat vermutlich keinen direkten Einfluss auf das Nutzerverhalten, da er dem Nutzer wahrscheinlich nicht unmittelbar bewusst ist. Dennoch ist die Annahme nicht unplausibel, dass ein Nutzer unabhängig von den klassischen sensorischen Eindrücken, die er durch Licht erhält, ein unbewusstes Bedürfnis nach Tageslicht und dessen Zeitgebungsfunktion hat und sein Verhalten im Zweifel danach ausrichtet. Konkrete Untersuchungen dieses hypothetischen Zusammenhangs existieren jedoch nicht.

Die Zapfen auf der Retina sind für das Sehen von *Farbe* zuständig. Es existieren drei unterschiedliche Zapfenarten mit unterschiedlichen Absorptionskurven im sichtbaren Wellenlängenbereich (siehe Abbildung 73). Entsprechend werden die Zapfen in K-, M- und L-Zapfen unterteilt, da sie in dieser Reihenfolge primär im kurz-, mittel- und langwelligem Bereich absorbieren. Dennoch handelt es sich bei den Zapfen „nicht um ein physiologisches Messsystem für

Wellenlängen“ ([Eysel 2011]). Farbwahrnehmung ist stattdessen in einem erheblichen Maß von psychologischen Aspekten beeinflusst, deren vollständige Darstellung hier nicht möglich und nicht notwendig ist. Dass Farbe und Affekt eng gekoppelt sind, zählt jedoch zum Alltagswissen und spielt in der Architektur und der Kunst sicherlich eine nicht unwesentliche Rolle. Auch wenn die funktionalen Zusammenhänge nicht eindeutig geklärt sind, lassen sich dennoch Zuordnungstendenzen feststellen. [Schönhammer 2009] zitiert die Polaritäten erregt (gelb/rot) vs. ruhig (blau/grün), warm (gelb/rot) vs. kühl (blau/grün), heiter (gelb/orange/gelbgrün) vs. melancholisch/ernst (blau/violett) und dominant/aggressiv (orange/rot/violett) vs. sanft/friedlich (blau/grün). Ein *unmittelbarer* Einfluss der Raumfarbe - z.B. seiner Oberflächen - auf das Empfinden der Umgebungstemperaturen dürfte jedoch trotz der Verwendung der Polarität warm vs. kalt nur Spekulation sein. Sofern die Wahrnehmung von Farben jedoch die Stimmung des Gebäudenutzers mitbestimmt, ist die Annahme plausibel, dass aggressiv und erregt stimmende Farben dazu verleiten können, negative Bewertungen subjektiv nicht-idealer Umgebungsbedingungen schneller bzw. entschiedener vorzunehmen. Ob diese Nuance jedoch im Rahmen dieser Arbeit eine Rolle spielt, ist in einem Maß zweifelhaft, dass dieser Aspekt hier nicht weiter verfolgt wird.

Dennoch spielt der Sinneseindruck „Farbe“ eine Rolle, da das Licht im Raum eine jeweils typische spektrale Zusammensetzung aufweist und somit die *Farbwahrnehmung* des Raums und der Gegenstände beeinflusst. Die spektrale Zusammensetzung des Lichts kann in vielerlei Hinsicht schwanken: Sonnenlicht - als stärkster thermischer Strahler - verfügt über eine weitestgehend gleichmäßige Verteilung aller Wellenlängen des sichtbaren Spektrums und wird durch das Auge als weiß wahrgenommen. Dieses Licht ist die Referenz, an der sich das Licht im Innenraum messen lassen muss. Bereits das Morgen- bzw. Abendlicht weist bekanntermaßen eine starke Rotfärbung auf, die durch die Atmosphärenfilterung entsteht (siehe als Beispiel Abbildung 74). Aber auch das weiße Sonnenlicht erfährt eine Filterung wenn es durch die Verglasung des Gebäudes transmittiert. Insbesondere Sonnenschutzbeschichtungen von Verglasungen, die ja notwendigerweise auch einen Teil des sichtbaren Spektrums ausfiltern müssen, um wirksam zu sein, verändern das Spektrum des eingetragenen Lichts. In viel erheblicherem Maß gilt dies selbstverständlich für eingefärbtes Glas, bei dem gezielt bestimmte Wellenlängen ausgeschlossen werden, um die entsprechende Farbigkeit zu erreichen. Gleiches gilt auch für farbige, semi-transparente Sonnenschutzbehänge.

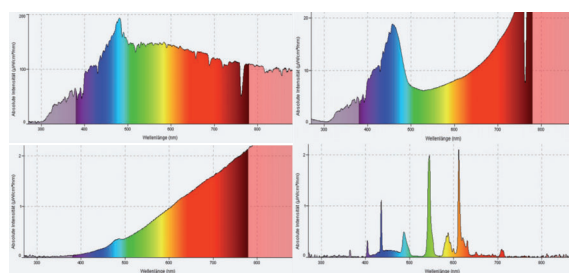


Abbildung 74
Verschiedene Spektren: oben links: Mittagslicht, oben rechts: Abendlicht, unten links: typische Glühlampe, unten rechts: typische Leuchtstofflampe, Quelle: [Gertenbach 2010].

Auch das künstliche Licht im Innenraum verfügt über eine spezifische Wellenlängenverteilung. Bei künstlichen Lichtquellen, die wie die Sonne auf dem Prinzip der thermischen Strahlung beruhen, jedoch nicht die Temperatur der Sonne erreichen, verschiebt sich das Farbspektrum zum roten Bereich hin (z.B. Wolframdraht-Glühlampe mit einer Temperatur um 3000 K). Andere künstliche Lichtquellen beruhen auf anderen Prinzipien (z.B. Gasentladung, Halbleiter) und weisen spezifische spektrale Abstrahlcharakteristiken auf (z.B. Leuchtstoffröhren, monochrome LEDs). Einige dieser Typen sind in der Lage, durch Farbaddition ein Licht zu erzeugen, das dem Weiß des Sonnenlichts sehr ähnlich ist (siehe Beispiele in Abbildung 74). Der Begriff der *Farbtemperatur*, der den Eindruck einer Lichtfarbe bezüglich der *affektiven* Polarität warm-kalt ausdrücken soll, liegt allerdings im diametralen Gegensatz zur *physikalischen* Temperatur des entsprechenden thermischen Strahlers: Nach [Norm DIN EN 12464-1 2011] werden Farbtemperaturen unterhalb von 3300 K als *warmweiß*, Farbtemperaturen zwischen 3300 und 5300 K als *neutralweiß* und Farbtemperaturen oberhalb von 5300 K als *tageslichtweiß* (bzw. *kaltweiß*) eingestuft.

5.4.3.6.7 Multimodale Wahrnehmung und zeitliches Erleben unterschiedlicher Umgebungsgrößen

Ein Aspekt, der in der Realitätsbeschreibung nicht explizit auftaucht, im Kontext der Wahrnehmung und Bewertung von Umgebungsbedingungen jedoch eine Rolle spielen könnte, ist die sogenannte multimodale Wahrnehmung.

Die Tatsache, dass die Sinneseindrücke verschiedener Modalitäten nicht einfach isoliert betrachtet werden können, zeigt sich bereits durch die im allgemeinen Sprachgebrauch übliche Beschreibung *transmodaler Qualitäten*. Es war bereits von warmen und kalten Farben die Rede, man beschreibt Düfte als schwer, Töne als hell oder manche Farbkombinationen als knallig oder laut. Offensichtlich existieren also Brücken zwischen verschiedenen sensorischen Erlebnissen, die dazu führen, dass die modalitätsspezifischen Beschreibungskategorien in Grenzen übertragbar sind (z.B. wird sowohl „Lautheit“ - als Beschreibungskategorie der akustischen Wahrnehmung - als auch „Wärme“ - als Beschreibungskategorie der thermischen Wahrnehmung - gelegentlich auf die visuelle Farbwahrnehmung übertragen). Die zwischen den Modalitäten übertragene Eigenschaftsbeschreibung bezieht sich dabei i.d.R. auf die Intensität des sensorischen Eindrucks. Dieser Sprachgebrauch findet seine Entsprechung in physiologischen Zusammenhängen: So wird die Existenz von bi- bzw. multimodalen Neuronen vermutet, die eben nicht auf eine Modalität spezialisiert sind, sondern durch mehrere Modalitäten erregt werden können. Diese multimodalen Neuronen integrieren die Signale, die durch die monomodalen Neuronen im jeweils verarbeitenden sensorischen Areal des Gehirns ausgesandt wurden, zu übermodalen, d.h. kombinierten Eindrücken. Allerdings gibt es auch Befunde, welche die modale Trennung der verschiedenen sensorischen Areale des Gehirns infrage stellen. So kann die Beobachtung von Lippenbewegungen zur Aktivierung im akustischen oder das Ertasten der Braille-Schrift zur Aktivierung im visuellen Kortex führen ([Schönhammer 2009]).

Ein konkretes Beispiel dazu ist die Untersuchung von [Calvert & Osterbauer 2002]. Durch fMRI („functional magnetic resonance imaging“, Magnetresonanztomografie) beobachteten sie die Aktivität der verarbeitenden Hirnregionen sowohl bei der isolierten Präsentation eines Duftes als auch bei der gleichzeitigen Präsentation eines Duftes und einer Farbe. Zuvor war in einer Studie für 17 Gerüche und 10 Farben untersucht worden, welche Gerüche und Farben durch normale Individuen als zusammengehörig empfunden werden. Dabei waren 13 Gerüche signifikant häufiger bestimmten Farben zugeordnet worden. Die vier besten Paarungen wurden dann für die fMRI-Untersuchung verwendet. Dabei stellte sich heraus, dass als passend identifizierte Kombinationen aus Geruch und Farbe die höchste und die unpassenden Kombinationen die geringste Aktivierung im Hirn auslösten (geringer noch als die Präsentation des Duftes alleine). Die Region der deutlichsten Aktivierung war der präfrontale Cortex, der keiner spezifischen Sinnesmodalität direkt zuordenbar ist, sondern in dem sensorische Signale integriert werden (polymodaler Assoziationskortex, [Birbaumer & Schmidt 2011]). Ein visueller Stimulus (Farbe) kann also einen Einfluss auf die Geruchsempfindung ausüben und die Autoren nehmen an, dass eine steigende Aktivität der entsprechenden Hirnregion bei besserer Übereinstimmung von Geruch und Farbe von einer angenehmeren Empfindung des Geruchs begleitet ist.

Von der Wahrnehmung transmodaler Qualitäten - die weitestgehend jedem Menschen zugänglich sind - ist das Phänomen der *Synästhesie* abzugrenzen. Hierbei handelt es sich um das konkrete, unwillkürliche Mitwahrnehmen eines sekundären Sinneseindrucks. So führt z.B. das „farbige Hören“ bei der Darbietung von Klängen oder Geräuschen zur konkreten Wahrnehmung von Farben (während mit der transmodalen Qualität zwar ebenfalls eine übermodale Aktivierung, jedoch nicht die gleichzeitige und gleichberechtigte (bewusste) Wahrnehmung von zwei Modalitäten gemeint ist). Synästhesien sind individuell geprägt und treten bei vergleichsweise wenigen Individuen auf ([Schönhammer 2009]).

Im Kontext dieser Arbeit spielen die multimodalen Phänomene insbesondere in Bezug auf zwei Fragen eine Rolle. Erstens stellt sich die Frage, ob die zeitgleiche Wahrnehmung unterschiedlicher Modalitäten die modalitätsspezifischen Schwellenwerte verändert. Das bezieht sich einerseits auf die Wahrnehmungsschwelle und andererseits auf die „Behaglichkeitsschwelle“ (also die Schwelle, ab der ein Sinneseindruck als (un-)angenehm empfunden wird). In diesem Zusammenhang kann z.B. die Frage gestellt werden, ob das thermische Optimum unabhängig vom gleichzeitig wahrgenommenen Lärmpegel ist.

Die zweite Frage, die sich stellt, betrifft die Integration aller Sinneseindrücke zu einem Gesamteindruck und die Bewertung dieses Gesamteindrucks. Diese Betrachtung ist gerade deshalb relevant, da sich in der Realität häufig nicht alle Umgebungsbedingungen durch das Individuum optimal einstellen lassen. Die Frage kann z.B. gestellt werden, wie viel Lärmzunahme akzeptabel ist, um die thermische Situation durch eine Fensterlüftung

zu verbessern. Lassen sich also z.B. numerische Werte für die Lautheit in Sone (Phone, dB) in numerische Werte für die thermische Behaglichkeit (z.B. auf der ASHRAE-Skala) umrechnen und damit vergleichbar machen? Wie viel Lärmzunahme ist im Sommer zugunsten welcher Temperaturabnahme akzeptabel? Dieser Aspekt wurde in der Analyse der Realitätsbeschreibung in Abschnitt 4.3.7.4.6 auf Seite 128 aufgeführt und erläutert. Gleichzeitig wurde dort darauf hingewiesen, dass sich aus individuellen Präferenzen für Optima und individuellen Toleranzen gegenüber Abweichungen von diesen Optima, individuelle Priorisierungen/ Rangfolgen bei der Reaktion auf die vorliegenden Umgebungsbedingungen ergeben können.

Eine Reihe von Studien existieren, die das zeitgleiche Auftreten verschiedener (aversiver) Umgebungsbedingungen und deren Auswirkung auf die individuellen Schwellen untersuchen. Dabei geht es an dieser Stelle der Arbeit primär um Auswirkungen auf die Behaglichkeitsschwelle durch einfache, kombinierte Stimuli. Damit soll dem Wesen der Psychophysik gerecht werden, dem es primär um das Empfinden geht, nicht jedoch um die Wahrnehmung und Verarbeitung situationsgebundener, komplexer Informationen. Aufgrund der hohen Anzahl der Studien kann an dieser Stelle nur eine kleine Auswahl dargestellt werden. Die präsentierten Studien wurden gewählt, da sie in irgendeiner Form die beiden oben angesprochenen Fragestellungen berühren.

In einer Untersuchung durch [Pellerin & Candas 2003] wurden Versuchspersonen zeitgleich definierten operativen Raumtemperaturen und Lärm (aufgezeichnete und wieder abgespielte Ventilatorgeräusche) ausgesetzt. Den Versuchspersonen wurde dabei innerhalb einer Stunde alle zehn Minuten erlaubt, je nach Bedarf entweder den Lärmpegel oder die operative Raumtemperatur in vorgegebenen Schrittweiten nach ihren Bedürfnissen zu ändern. Jedoch wurde in der Folge jeder gewünschten Änderung einer der Größen, automatisch die jeweils andere Größe in Richtung größerer Unbehaglichkeit geändert. Größere Unbehaglichkeit bedeutete im Fall von Lärm, dass der Lärmpegel zunahm, und im Fall der operativen Raumtemperatur, dass die absolute Differenz zwischen der Raumtemperatur und der zuvor bestimmten neutralen Temperatur (24,5 °C, PMV = 0, berechnet nach Fanger) anstieg. Es existierten im Wesentlichen zwei Versuchsgruppen: Eine begann den Versuch bei neutraler operativer Raumtemperatur und 85 dB(A) Lärmpegel während die andere Versuchsgruppe bei 35 dB(A) und deutlich unbehaglichen operativen Raumtemperaturen startete. Für beide Gruppen waren jedoch die Kombinationen aus Lärmpegel und Temperatur bei jeder möglichen Stufe identisch: Würde also die zweite Gruppe die Temperatur bis zur neutralen Temperatur verändern (bei gleichzeitig schrittweise erhöhtem Schallpegel), wäre sie unter dieser Temperaturbedingung ebenfalls einem Lärmpegel von 85 dB(A) ausgesetzt.

Eine weitere Aufteilung dieser beiden Gruppen erfolgte durch die Unterscheidung in warm-unbehagliche und kalt-unbehagliche thermische Bedingungen. D.h., dass in der ersten Gruppe (Start bei 85 dB(A)) die Temperatur einer Teilgruppe mit sinkendem Lärmpegel in Richtung warmer Unbehaglichkeit und in der anderen Teilgruppe in Richtung kalter Unbehaglichkeit verändert wurde. Die zweite Gruppe (Start bei 35 dB(A)) teilte sich auf, in dem eine Teilgruppe den Versuch bei kalt-unbehaglichen Temperaturen und die andere Teilgruppe bei warm-unbehaglichen Temperaturen begann. Diese Teilgruppen unterschieden sich wiederum durch zwei Unbehaglichkeitsniveaus (14 °C und 19 °C bzw. 29 °C und 34 °C).

Unabhängig von der Gruppenzuordnung wurde im Durchschnitt eine Kombination durch die Versuchspersonen gewählt, bei welcher der Lärmpegel deutlich unterhalb der 85 dB(A) lag, die Temperatur jedoch auch deutlich von der neutralen Temperatur abwich. Es kam also nicht vor, dass Versuchspersonen einen optimalen Zustand für eine Modalität wählten und dabei sehr ungünstige Zustände in Bezug auf die andere Modalität akzeptiert hätten. Zusätzlich ist bemerkenswert, dass die final eingestellten Temperaturen symmetrisch zur neutralen Temperatur waren. Vergleicht man jedoch jene Gruppen, die den Versuch bei hohen Lärmpegeln gestartet haben, mit jenen Gruppen, die den Versuch bei niedrigen Lärmpegeln gestartet haben, zeigt sich, dass höhere Startpegel zu höheren final akzeptierten Lärmpegeln führten (und gleichzeitig die gewählte Temperatur näher am Optimum lag). Niedrige Startlärmpegel führten hingegen auch zu niedrigeren final akzeptierten Lärmpegeln (und gleichzeitig zu Temperaturen, die weiter vom Optimum weg lagen). Dabei spielen möglicherweise Adaptations- und Gewöhnungsvorgänge eine Rolle, da die Versuchspersonen durch den Versuchsablauf jeweils mehr Zeit zur Verfügung hatten, sich an die Startbedingungen zu gewöhnen.

An konkreten Versuchsergebnissen soll eine mögliche (und relativ spekulative) Interpretation der Ergebnisse im Sinne dieser Arbeit aufgezeigt werden. Unter einem der Versuchsprotokolle wählten die Versuchspersonen im Schnitt eine Kombination aus 28,9 °C und 60 dB(A) als optimale Bedingung (unter den möglichen Bedingungen), unter einem anderen Versuchsprotokoll eine Kombination aus 27,6 °C und 49 dB(A). D.h., ein Nutzer, dessen Raumtemperatur 28,9 °C bei geschlossenem Fenster überschreitet, würde das Fenster zur Kühlung des Raums öffnen, wenn der dadurch entstehende Innenraum-Lärmpegel 60 dB(A) nicht überschreiten würde. Er würde das Fenster allerdings bereits bei 27,6 °C öffnen, wenn der Lärmpegel dabei lediglich bei 49 dB(A) läge.

In einer Folgestudie untersuchten [Pellerin & Candas 2004] ebenfalls den Zusammenhang zwischen dem Empfinden und der Bewertung von kombinierten thermischen und akustischen Bedingungen. In dieser Untersuchung wurden drei Versuchsgruppen jeweils Lärmpegeln von 35 dB(A), 60 dB(A) und 75 dB(A) bei jeweils einer von drei thermischen Situationen (18 °C, 24 °C, 30 °C) ausgesetzt (jede Gruppe drei Lärmpegel und eine Temperatur). Dabei zeigte sich, dass alle thermischen Bedingungen mit ansteigendem Lärmpegel signifikant schlechter bewertet wurden („thermal pleasantness“, 30 °C wurden also unter 35 dB(A) als erträglicher bewertet als unter 75 dB(A)). Die Unterschiede waren jedoch vergleichsweise gering (ca. 10 Einheiten auf einer Skalenbreite von 100 zwischen 35 und 75 dB(A)). Andererseits wurden die akustischen Bedingungen bei thermischer Neutralität (24 °C) als ungünstiger bewertet als bei den jeweils anderen Temperaturbedingungen. Diese beiden Ergebnisse stehen in einem Widerspruch zueinander, da auf der Basis des ersten Ergebnisses erwartet werden könnte, dass der Lärmpegel bei unbehaglichen Temperaturen ungünstiger bewertet werden würde als bei behaglichen Temperaturen. Ob es sich dabei um einen tatsächlich vorhandenen Effekt handelt oder ob dieses Ergebnis methodischen Schwächen geschuldet ist, lässt sich nicht eindeutig festlegen. Die Studie umfasste mit 18 Versuchspersonen relativ wenige Individuen, die darüber hinaus nicht auf ihre thermische Empfindung und ihre Hörleistung hin untersucht wurden (siehe z.B. Abbildung 75 auf Seite 286). Bei dem erstgenannten Ergebnis (thermische Bedingungen werden mit zunehmendem Lärmpegel als ungünstiger bewertet) spielt dieser Informationsmangel keine wesentliche Rolle, da es immer das gleiche Individuum ist, welches alle Lärmsituationen bei konstanter Temperatur beurteilt. Weitestgehend unabhängig von der Hörleistung (sofern ein Individuum nicht schwerhörig ist) werden die Lärmpegel dabei vermutlich zunehmend als unangenehmer empfunden. Dabei spielt es auch keine Rolle, wie das Individuum die vorliegenden thermischen Bedingungen auf einer absoluten Skala bewertet, wichtig ist lediglich der relative Abfall der thermischen Behaglichkeit in Abhängigkeit des Lärmpegels (intra-individueller Vergleich). Das zweite Ergebnis (der Lärm wird bei 24 °C am kritischsten bewertet) ist jedoch potenziell von den individuellen Eigenschaften der Versuchsteilnehmer abhängig, da unter dem verwendeten Versuchsdesign ein Individuum immer nur die gleiche Temperaturbedingung bewerten kann. Die Autoren mischen dabei also den Effekt der akustischen und thermischen Bedingungen mit den Eigenschaften der Individuen (inter-individueller Vergleich).

Die Ergebnisse dieser Studie wurden durch eine Studie von [Tiller et al. 2010] nur bedingt bestätigt. In dieser Studie mussten die Versuchspersonen fünf thermische Bedingungen, die einem PMV von -1 bis 1 entsprachen, unter drei Lärmpegelbedingungen (zwischen 38 und 59 dB(A)) bewerten. Die Lärmbedingungen waren zudem in „neutralen Lärm“ (ausgeglichene spektrale Verteilung des Schalldrucks) und „tiefen, rollenden Lärm“ („rumbly“, dominante, tieffrequente Anteile) unterteilt. Die Autoren konnten ebenfalls einen signifikanten Einfluss des Lärmpegels auf den thermischen Komfort feststellen: Je höher der Lärmpegel, als umso unbehaglicher wurden die thermischen Bedingungen bewertet. Die Größenordnung des Einflusses war vergleichbar mit der Studie von [Pellerin & Candas 2004], d.h. relativ gering. Die Frequenzzusammensetzung übte dabei keinen Einfluss aus. Umgekehrt hatten die thermischen Bedingungen keinen Einfluss auf die Bewertung des Lärms.

Ein Teil der Studie von [Pellerin & Candas 2004] befasste sich außerdem mit der Vergleichbarkeit der Empfindung, die durch thermische Bedingungen ausgelöst wird, mit der Empfindung, die durch Lärm ausgelöst wird. Dafür ließen sie die Versuchspersonen sowohl die akustische als auch die thermische Empfindung anhand einer gleichskalierten Skala angeben, sodass beide Empfindungen über diese Skala ins Verhältnis gesetzt werden konnten. Auf Basis dieses Verfahrens geben sie an, dass eine Veränderung der Temperatur um 1 °C die gleiche Empfindungsänderung hervorruft wie die Veränderung des Schallpegels um 2,6 - 2,9 dB(A).

[Clausen et al. 1993] untersuchten den Zusammenhang zwischen der Lästigkeit von Lärm, Temperatur und Luftqualität (Geruch). Im Rahmen ihrer Untersuchungen sollten Versuchspersonen eine Aussage darüber treffen, welche von zwei Bedingungen - hintereinander für jeweils eine Minute in zwei getrennten Klimakammern präsentiert - sie vorziehen würden. Das Versuchsprotokoll sah dabei Eins-zu-eins-Versuche (Temperatur - Schall, Luftqualität-Schall, Luftqualität-Temperatur) und Zwei-zu-eins-Versuche (Temperatur und Luftqualität - Schall) vor. Als Abschätzung eines äquivalenten Einflusses auf die Behaglichkeit geben die Autoren $1\text{ }^{\circ}\text{C}/2,4\text{ decipol}$, $1\text{ }^{\circ}\text{C}/3,9\text{ dB(A)}$ und $1\text{ decipol}/1,2\text{ dB(A)}$ an. Warum die Werte sich nicht ineinander umrechnen lassen, diskutieren die Autoren jedoch nicht. Die Wirkung der gemeinsam präsentierten Temperatur- und Geruchsbedingungen entsprach außerdem in etwa der Addition der Einzelwirkungen. So wurden $28,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $8,9\text{ decipol}$ einzeln jeweils der Lästigkeit von 60 dB(A) Lärm gleichgesetzt, während sie in Kombination einem Lärmpegel von rund 71 dB(A) entsprachen. Dieser Unterschied von 11 dB(A) entspricht in etwa einer Verdoppelung der Lautheit (siehe Abbildung 60 auf Seite 265).

Eine Studie zur Interaktion zwischen Temperatur, Feuchte und Luftqualität wurde von [Fang et al. 1998] durchgeführt. Versuchspersonen sollten die Luftqualität auf einer Akzeptanzskala bei verschiedenen Temperaturen und relativen Luftfeuchten bewerten. Allerdings wurden dabei die Aktivität und die Kleidung der Versuchspersonen derart ausgewählt, dass sie sich unter allen Versuchsbedingungen thermisch neutral fühlten (bewertet auf der ASHRAE-Skala). Informationen über die Interaktion von thermischer und olfaktorischer Unbehaglichkeit lassen sich daraus also nicht ableiten. Dennoch ist das Ergebnis von Bedeutung, da ein linearer, negativer Zusammenhang zwischen der Enthalpie der Luft (als zusammenfassende Größe von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit) und der Akzeptanz der Luftqualität festgestellt werden konnte. Selbst die Luftqualität objektiv unverschmutzter Luft wurde mit ansteigender Enthalpie als zunehmend inakzeptabel empfunden. Die empfundene Geruchsintensität war hingegen nicht von der Enthalpie abhängig, sondern wurde unabhängig davon immer gleich eingestuft.

[Toftum 2002] fasst einige Studien zusammen, welche die kombinierten Effekte der thermischen Ganzkörperbehaglichkeit und/oder der lokalen thermischen Unbehaglichkeit untersuchen (5.4.3.6.3 auf Seite 240). Demnach treten Zegerscheinungen (Abschnitt E.i) auf Seite 248) dann gehäuft auf und führen zu einer höheren Unbehaglichkeit, wenn die Person die thermischen Umgebungsbedingungen nicht als thermisch neutral, sondern als kälter empfindet. Bei einer thermischen Empfindung von „-1“ auf der ASHRAE-Skala steigt der Anteil der aufgrund von Zegerscheinungen Unzufriedenen um den Faktor 2,5 im Vergleich zu thermisch neutralen Bedingungen. Der Anteil unzufriedener Individuen aufgrund von Zegerscheinungen sinkt hingegen bei höheren Temperaturen und bei höherer körperlicher Aktivität. Gleichzeitig ist der Prozentsatz Unzufriedener unabhängig von der vorliegenden Strahlungstemperaturasymmetrie (siehe 5.4.3.6.3.C auf Seite 244) und der vertikalen Temperaturschichtung (siehe 5.4.3.6.3.D auf Seite 246).

Der Zusammenhang zwischen thermischem Komfort und Farbton der Oberflächen bzw. des Lichtes kann aufgrund zahlreicher Studien ausgeschlossen werden. Entweder konnten in verschiedenen Studien keine signifikanten Zusammenhänge gefunden werden oder die Zusammenhänge waren nur unter extremen Bedingungen signifikant, dabei jedoch so außerordentlich gering, dass sie keine praktische Bedeutung aufweisen. Allerdings besteht vermutlich dennoch ein indirekter Zusammenhang zwischen dem Licht und der thermischen Behaglichkeit: In Abschnitt 5.4.3.6.6 auf Seite 272 wurde dargestellt, dass bestimmte Wellenlängen des Lichts den Melatoninspiegel des Körpers beeinflussen und damit die zirkadiane Rhythmik des Körpers mitbestimmen. Da auch die Körperkerntemperatur dieser zirkadianen Rhythmik unterliegt und diese Kerntemperatur wiederum den Wärmehaushalt des Körpers und damit das Behaglichkeitsempfinden beeinflusst, besteht hier ein funktionaler Zusammenhang. Es ist jedoch auch hier fraglich, ob dieser Zusammenhang praktische Relevanz aufweist ([Candas & Dufour 2005]).

Die dargestellten Untersuchungen zeigen, dass aus multimodalen Sinneseindrücken Verschiebungen der Schwellenwerte - sowohl Empfindung als auch Bewertung - resultieren können. Auf welcher Ebene dabei die Integration dieser Sinneseindrücke erfolgt, z.B. direkt am Rezeptor, durch multimodale Neuronen oder in poly-modalen, übergeordneten Regionen des Hirns, spielt für diese Arbeit eine untergeordnete Rolle. Die meisten der

dargestellten Effekte sind jedoch auch so gering, dass in diesen Fällen bezweifelt werden kann, dass sie für ein Nutzermodell relevant werden können. Darüber hinaus muss beachtet werden, dass bisher lediglich Zusammenhänge dargestellt wurden, die weitestgehend ohne Kontextbezug - insbesondere ohne Bezug auf die Tätigkeit - auskommen.

5.4.3.6.8 Psychophysik und individuelle Eigenschaften

In den vorangegangenen Abschnitten über die Psychophysik des thermischen, des olfaktorischen und allgemeinen chemischen, des akustischen und des visuellen Empfindens und Bewertens wurde immer wieder auf eine „große Beurteilergruppe“ Bezug genommen. Diese Gruppe wurde dabei nicht nach Individualmerkmalen differenziert dargestellt. Die Absicht dieses Unterabschnitts besteht daher darin, zu zeigen, dass zahlreiche Untersuchungen existieren, die genau diese Differenzierung vornehmen. Dabei können jedoch - aufgrund der Vielzahl von Untersuchungen - für jede Modalität nur einige beispielhafte Ergebnisse aufgezeigt werden. Es geht also darum, das Prinzip aufzuzeigen, und nicht darum, eine vollständige Übersicht bisheriger Untersuchungen zu vermitteln.

Die hier in Betracht zu ziehenden Eigenschaften des Individuums wurden bereits in Abschnitt 4.3.6 auf Seite 112 aufgeführt und taxonomisiert. Dabei nehmen die Altersstufe und das Geschlecht (Abschnitt 4.3.6.3 auf Seite 112) und die Aspekte Krankheit und Behinderung (Abschnitt 4.3.6.4 auf Seite 112) in Bezug auf die Psychophysik eine besondere Stellung ein. Es wurde nämlich die Vermutung aufgestellt, dass diese Eigenschaften einen erwähnenswerten Einfluss auf den mentalen Momentanzustand des Individuums (Abschnitt 4.3.6.6 auf Seite 113) ausüben. Diese mentalen Momentanzustände beschreiben momentane Empfindungen des Individuums wie z.B. das Empfinden von Wärme und Kälte, Müdigkeit oder auch Sättigkeit. Bei der Beschreibung des mentalen Zustands ist also noch nicht die Bewertung eingeschlossen.

Es wurde in Abschnitt 4.3.6.11 auf Seite 116 über die Interrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen des Individuums gezeigt, dass der Einfluss der Individualeigenschaften auf diese *mentalen Zustände* auf zwei Arten erfolgen kann: entweder unmittelbar, wobei Altersstufe, Geschlecht, physischer Zustand und mentale Aktivität als *Moderator* dienen (Abbildung 23 auf Seite 119), oder mittelbar, wobei die sensorische Kompetenz des Individuums als *Mediator* zwischen physischem Krankheitszustand, Altersstufe und Bekleidung einerseits und mentalem Zustand des Individuums andererseits steht (siehe zusätzlich Abbildung 22 auf Seite 117). So kann beispielsweise eine unmittelbare Abhängigkeit des Wärmeempfindens vom Alter oder Geschlecht bestehen (siehe z.B. [Grabe & Winter 2008]) oder aber aus dem Alter lässt sich eine altersentsprechende sensorische Kompetenz ableiten, in deren Folge dann z.B. die Hörfähigkeit eingeschränkt ist.

Im Rahmen der Psychophysik spielen insbesondere diejenigen mentalen Momentanzustände eine Rolle, die durch die Intensität der materiellen und energetischen Umgebungsbedingungen beeinflusst werden („spezifische mentale Zustände“, Abschnitt 4.3.7.3.4 auf Seite 126). Die nachfolgend dargestellten Untersuchungen belegen, dass dieser Einfluss durch Individualeigenschaften modifiziert wird. Die empirischen Daten zeigen somit die Relevanz individueller Eigenschaften für ein Modell des Nutzerverhaltens. Die verwendeten Differenzierungskriterien werden dabei unter dem Begriff „biopsychologische Differenzierung“ zusammengefasst, da sie nicht auf Aspekte wie z.B. Einstellungen, Normen oder Glaube eingehen. Der Einfluss dieser Aspekte auf die Wahrnehmung wird stattdessen in 5.4.8 auf Seite 328 besprochen.

Der Algorithmus zur Bestimmung des PMV („predicted mean vote“) ist vermutlich der am weitesten verbreitete und in der Ingenieurpraxis wichtigste Index mit Bezug auf die *thermische Empfindung*. Der Index basiert auf Klimakammerexperimenten von [Fanger 1970] mit einer großen Gruppe von Versuchspersonen und integriert bereits die zwei Individualmerkmale „Bekleidung“ und „körperliche Aktivität“. Die Bekleidung variiert dabei die thermische Sensibilität (sie isoliert und schirmt ab, sodass dadurch die thermosensorische Kompetenz verändert wird) und beeinflusst den physischen Zustand (z.B. die Hauttemperatur). Die Aktivität ändert ebenfalls den physischen Zustand, z.B. die Schweißproduktion oder die Körperkerntemperatur. Die von Fanger festgestellten, interindividuellen Unterschiede des Behaglichkeitsempfindens sind trotz dieser Berück-

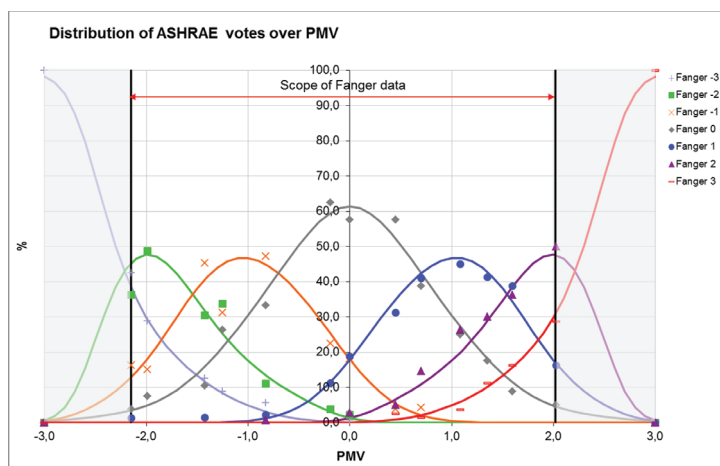


Abbildung 75

Verteilung individueller Votes für die verschiedenen PMV-Werte. Ein vorhergesagtes mittleres Votum (PMV) von beispielsweise „0“ für eine große Gruppe setzt sich nicht ausschließlich aus individuellen „0“-Votes zusammen. Stattdessen liegt eine Streuung individueller Votes vor, die im Mittel jedoch „0“ ergibt. Jeder PMV-Wert - dargestellt auf der Abszisse - wird also anteilig aus individuellen Votes gebildet, deren relativer Anteil an der Gesamtmenge der Votes auf der Ordinate ablesbar ist. Ein PMV von „0“ setzt sich also zu ca. 60 % aus „0“-Votes (graue Kurve), jeweils zu ca. 17,5 % aus „-1“ und „1“-Votes (blaue und orangene Linie) und jeweils zu ca. 2,5 % aus „-2“ und „2“-Votes (grüne und violette Linie) zusammen. Trotz der sehr kontrollierten Bedingungen der Versuche in Klimakammern wurden also erhebliche individuelle Unterschiede für das thermische Empfinden festgestellt, Quelle: [Grabe & Winter 2008].

Die Überprüfung des Zusammenhangs zwischen PMV und Individualeigenschaften von [Fanger 1970] bezog sich jedoch insbesondere auf die Berechnung der „neutralen Temperatur“. Dies ist relevant im Sinne dieser Arbeit, da davon auszugehen ist, dass Individuen bemüht sind, einen optimalen thermischen Zustand zu erhalten bzw. herzustellen (wobei die „neutrale Temperatur“ hier als Optimum betrachtet wurde). Die Empfindung und Bewertung davon abweichender Zustände ist jedoch nicht weniger relevant. Diese Einschätzung beruht darauf, dass insbesondere diejenigen Zustände handlungsrelevant sind, die vom (aktuellen, situationsbedingten) Optimum abweichen.

Eine Übersicht über zahlreiche Labor- und Felduntersuchungen zur thermischen Behaglichkeit liefert [Karjalainen 2012]. Die Mehrheit der dort betrachteten Untersuchungen kommt zu dem Schluss, dass weibliche Versuchspersonen empfindlicher auf Abweichungen der thermischen Bedingungen vom Optimum reagieren. Dies gilt insbesondere für kalte Bedingungen. Die betrachteten Studien verwenden vorrangig zwei Skalen, um diese geschlechtsspezifischen Unterschiede darzustellen: einerseits die ASHRAE-Skala, welche die thermische Empfindung abfragt und andererseits die Komfort-Skala, mit welcher die Zufriedenheit mit den thermischen Bedingungen bestimmt werden kann (siehe Tabelle 47 auf Seite 240). Auch wenn sich mit dieser Methode signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf den jeweiligen Skalen aufzeigen lassen, bleibt bei den einzelnen Studien häufig unklar, ob diese Unterschiede unmittelbar geschlechtsspezifisch sind oder durch Mediatoren erklärt werden können (z.B. geschlechtsspezifische Kleidung, Aktivitätsraten, Körperkomposition). Diese potenziellen Mediatordaten müssen also auf jeden Fall bei Untersuchungen dieser Art mit erhoben werden.

Bereits in Abschnitt 4.3.7.4.1 auf Seite 126 wurde im Rahmen der Analyse der Realitätsbeschreibung darauf hingewiesen, dass die spezifischen mentalen Zustände - also die unbewerteten Empfindungen der energetischen und materiellen Umgebungsbedingungen - vor dem Hintergrund des Behaglichkeitsbedürfnisses bewertet werden. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass zwei Personen zwar die gleiche Empfindung haben können (z.B. empfinden beide die thermischen Bedingungen als „kühl“), dass die Bewertung dieser Empfindung jedoch

sichtigung einiger individueller Merkmale relativ groß (siehe Tabelle 14 in [Fanger 1970]). Die entsprechenden Daten wurden von [Grabe & Winter 2008] logisch erweitert und in Regressionskurven überführt (siehe Abbildung 75). Sie zeigen für jeden PMV-Wert (Abszisse) an, wie groß der relative Anteil der individuellen Votes am mittleren Votum ist (Ordinate). Ein PMV von „0“ setzt sich beispielsweise aus ca. 60 % „0“-Votes, jeweils ca. 17,5 % „1“ bzw. „-1“-Votes und jeweils ca. 2,5 % „2“ bzw. „-2“-Votes zusammen. Unter vergleichbaren Bedingungen empfanden also manche Individuen die Bedingungen als „warm“ und andere als „cool“ (siehe Tabelle 47 auf Seite 240). Die Unterschiede sind also offenbar beträchtlich. Dennoch konnte Fanger diese Unterschiede nicht mit Individualeigenschaften verknüpfen: Er überprüfte die PMV-Gleichung auf Abhängigkeit von Nationalität, geografischer Lage, Alter, Geschlecht, Menstruationszyklus, Körperkomposition und Nahrungsaufnahme, es zeigten sich jedoch keine praktisch relevanten Abhängigkeiten.

unterschiedlich ausfallen kann (die eine Person empfindet die Kühle als angenehm, die andere als unangenehm). Während also durch die PMV-Gleichung versucht wird, im psychophysikalischen Sinne eine Verknüpfung von physikalischen Größen mit der psychologischen Größe „Empfindung“ herzustellen, geht es hierbei um den „psychologieinternen“ Prozess der Bewertung einer Empfindung. Diese beiden Schritte müssen auseinandergehalten werden, da bei einem „Kurzschluss“ zwischen physikalischer Größe und Bewertung offensichtlich die Gefahr besteht, Kontextfaktoren zu vernachlässigen (da die Bewertung z.B. der Kühle kontextabhängig erfolgt).

In der bereits angesprochenen Arbeit von [Grabe & Winter 2008] wurde der Versuch gemacht, die psychologischen Größen Empfindung und Bewertung zu verknüpfen. Die Arbeit basiert auf einem umfangreichen, öffentlich zugänglichen Metadatensatz (ASHRAE RP-884 Adaptive Model Project- Data, [de Dear 2012]). Dieser Datensatz fasst Daten aus Felduntersuchungen zusammen, bei denen Individuen unter real auftretenden, variierenden thermischen Bedingungen zu ihrem Behaglichkeitsempfinden befragt wurden. Aus diesem Gesamtdatensatz wurden insgesamt über 13.000 Einzeldaten ausgewählt, die das Kriterium erfüllten, dass die Individuen ihr Votum nicht nur auf der ASHRAE-Skala, sondern gleichzeitig auf der McIntyre-Skala abgegeben haben (siehe Tabelle 47 auf Seite 240). Das McIntyre-Votum wurde dann als Ausdruck der Bewertung der thermischen Situation aufgefasst: Ein Individuum, das keine Änderung der thermischen Situation wünscht, gilt als zufrieden, ein Individuum, das es kühler haben möchte, gilt als „warm-unzufrieden“ und entsprechend gilt ein Individuum, das es wärmer haben möchte, als „kalt-unzufrieden“. Beide Voten wurden anschließend korreliert, sodass z.B. Aussagen darüber getroffen werden konnten, wie das durchschnittliche Votum auf der ASHRAE-Skala innerhalb einer McIntyre Kategorie ausfällt. Dabei zeigte sich eine erhebliche Verteilungsbreite: Z.B. wünschten sich 25 % der Gesamtheit kühlere Bedingungen, obwohl sie auf der ASHRAE-Skala mit „0“ bis „-3“ (also neutral bis kalt) abgestimmt hatten. Von jenen, die keine Veränderung der thermischen Bedingungen wünschten, fühlten sich lediglich 62 % neutral. Andererseits wünschten sich knapp 20 % jener, die sich neutral fühlten dennoch eine Änderung in Richtung kühlerer oder wärmerer Bedingungen. Die Annahme, ein Votum auf der ASHRAE-Skala von „0“ wäre gleichbedeutend mit einer positiven Bewertung, ist demzufolge nicht zutreffend.

In Bezug auf das Geschlecht ergab sich, dass Frauen unter extrem kalt empfundenen Bedingungen (ASHRAE-Votum „-2“ & „-3“) ihre Präferenz für wärmere Bedingungen eindeutiger zum Ausdruck brachten als Männer (mittlerer McIntyre-Vote näher bei „1: would like to be warmer“). Gleichzeitig wurde die Präferenz für kältere Bedingungen unter extrem warm empfundenen Bedingungen (ASHRAE „2“ & „3“) nicht so deutlich ausgedrückt wie durch Männer (größere Abweichung des Durchschnitts zum McIntyre-Vote „-1: would like to be cooler“). Dieser Unterschied bestand jedoch unter neutral empfundenen Bedingungen nicht mehr. In Abhängigkeit des Alters ergab sich kein konsistenter Trend. Die Unterschiede zwischen den Altersstufen (ab 14 bis 63 Jahre) waren jedoch signifikant, sodass von einer Altersabhängigkeit auszugehen ist.

Die Bewertung thermischer Bedingungen ist in einem hohen Maß vom Kontext abhängig, z.B. von der momentanen Tätigkeit. Die Saunatemperatur wird sicherlich als „heiß“ empfunden, was jedoch nicht dazu führen muss, dass sich das Individuum geringere Temperaturen wünscht. Im Büro würden jedoch bereits deutlich geringere Temperaturen zu genau diesem Wunsch führen. Die dargestellte Abhängigkeit von Geschlecht und Alter geht also davon aus, dass bei den Felduntersuchungen zwischen der Tätigkeit der Versuchspersonen kein relevanter Unterschied bestand. Diese Annahme ist jedoch auch plausibel, da alle Untersuchungen in Bürogebäuden stattfanden.

Individuelle Abweichungen vom Durchschnitt der *olfaktorischen Wahrnehmung* ergeben sich häufig durch angeborene oder erworbene Riechstörungen. Hierbei kann es sich um Anosmien (vollständiger Verlust des Geruchssinns), partielle Anosmien oder Hyposmien (Verminderung der Riechleistung) handeln. Partielle Anosmien, bei denen bestimmte Duftklassen nicht wahrgenommen werden können, werden offenbar durch fehlende Rezeptormoleküle ausgelöst. Die Auftretenshäufigkeit von partiellen Anosmien variiert, kann jedoch für einige Duftklassen sehr hoch sein. Z.B. liegt der Anteil für Urin/Schweiß bei etwa 40 % der Bevölkerung ([Hatt 2011]).

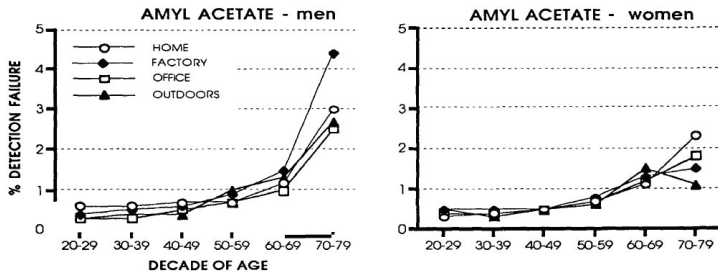


Abbildung 76 Prozentualer Anteil derjenigen, die den Prüfgeruch Amylacetat nicht wahrgenommen haben, in Abhängigkeit des Alters, unterteilt nach Geschlecht und Arbeitsplatzumgebung, Quelle: [Corwin et al. 1995].

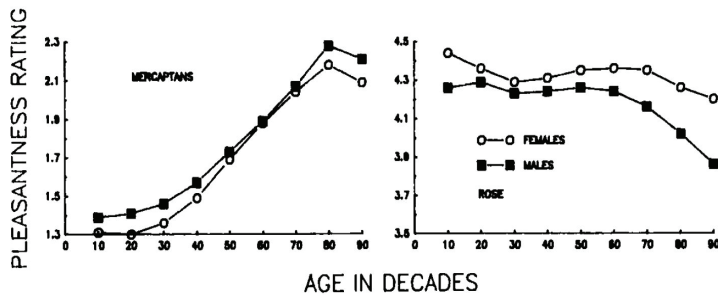


Abbildung 77 Hedonisches Urteil für die Prüfgerüche Merkaptan und Rose in Abhängigkeit des Alters, unterteilt nach Geschlecht, Quelle: [Wysocki & Gilbert 1989].

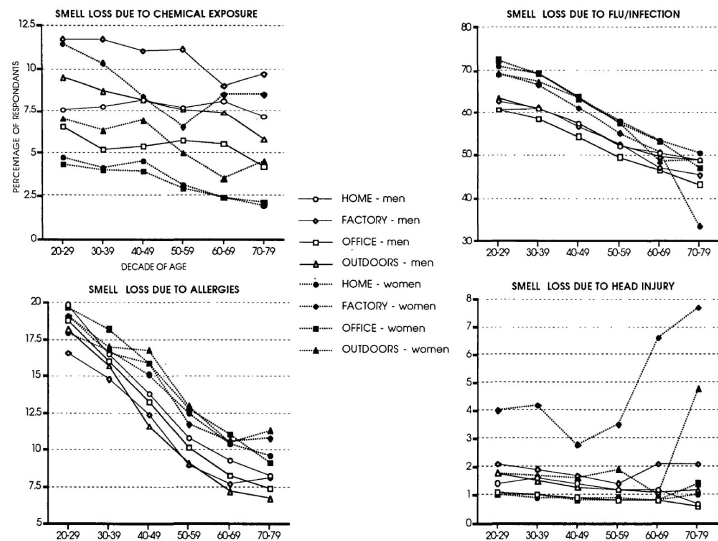


Abbildung 78 Ursachen für den Verlust des Geruchssinns in Abhängigkeit des Alters, unterteilt nach Geschlecht und Arbeitsplatzumgebung, Quelle: [Corwin et al. 1995].

Im Rahmen des „National Geographic Smell Survey“, durchgeführt 1987, wurden verschiedene Dimensionen der Riechleistung bei einer sehr großen Bevölkerungsgruppe der USA und Kanada untersucht. Zu den untersuchten Dimensionen zählten die Geruchsschwelle (Absolutschwelle), die empfundene Intensität, die hedonische Einordnung und die Identifizierung (Erkennungsschwelle). Dafür wurden sechs unterschiedliche Gerüche mit unterschiedlichen Geruchsnoten verwendet (z.B. moschusartig, fruchtig, würzig). Die Auswertung der Ergebnisse durch [Wysocki & Gilbert 1989] und durch [Corwin et al. 1995] zeigten signifikante Unterschiede in diesen Dimensionen in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, Arbeitsplatz und spezifischen Erkrankungen (Allergie, Asthma, Grippe, aber auch erlittenen Kopfverletzungen). Diese Unterschiede waren jedoch spezifisch für die einzelnen Geruchsnoten. Abbildung 76 zeigt - beispielhaft für Amylacetat, einem fruchtig nach Birne riechenden Stoff - die abnehmende Wahrnehmbarkeit in Abhängigkeit vom Alter, Geschlecht und vom Arbeitsplatz (kategorisiert als primärer Aufenthaltsort). Abbildung 77 vergleicht hingegen die hedonische Wirkung von Merkaptan (fauliger Geruch) und von Rosenduft auf einer Skala von 1 bis 5 (1: unangenehm, 5: angenehm). Auch hier sind Unterschiede in Abhängigkeit des Alters und des Geschlechts erkennbar.

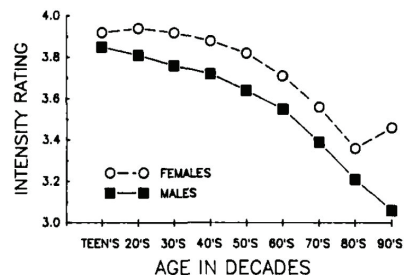


Abbildung 79 Intensitätsurteil in Abhängigkeit des Alters, gemittelt über alle Prüfgerüche und unterteilt nach Geschlecht, Quelle: [Wysocki & Gilbert 1989].

Die in den Abbildungen 78 und 79 gezeigte altersabhängige Abnahme der Riechleistung korrespondiert mit der abnehmenden Wahrnehmbarkeit von Geruch mit dem Alter. Die Abbildung 78 verweist zusätzlich auf mögliche Gründe für die Einbußen der Riechleistung. Hierbei fällt insbesondere der Zusammenhang mit dem Arbeitsplatz und dem Alter auf: Diese Variablen dienen offenbar als Mediator für die kumulierten Expositionszeiten gegenüber speziellen Substanzen und Gefahren für Verletzungen des Kopfs. Daraus lässt sich schließen, dass altersabhängige Verteilungen immer nur Momentaufnahmen eines Status sein können, da Arbeits- und Wohnumfeld, Arbeitsbedingungen und auch generelle Lebensbedingungen einem zeitlichen Wandel unterworfen sind. Diese Bedingungen sind außerdem kulturabhängig.

Auch die Wahrnehmung von Reizungen durch den allgemeinen chemischen Sinn ist - z.B. nach [Cometto-Muñiz & Cain 1992] - vom Alter und Geschlecht, jedoch auch vom Tabakkonsum abhängig. So empfinden Raucher sensorische Reizungen und Gerüche im Vergleich zu Nichtrauchern offenbar als geringer. Im Abschnitt 5.4.3.6.4.B auf Seite 255 über die Wirkung von Reiz- und Schadstoffen wurde außerdem bereits dargestellt, dass die Reizschwelle insbesondere bei Kindern und Asthmatikern im Vergleich zu gesunden Erwachsenen häufig herabgesetzt ist (siehe z.B. [DFG 2012] mit Bezug auf Schwefeldioxid und andere Schadstoffe).

Die wohl offensichtlichste Einschränkung des *akustischen Sinns* ist die Schwerhörigkeit. [Zenner 2010] unterscheidet zwischen der Lärmschwerhörigkeit und der Altersschwerhörigkeit. Die Ursachen für eine Schwerhörigkeit werden unter dem Begriff „akustisches Trauma“ zusammengefasst. Hierzu zählen u.a. das Knalltrauma (verursacht durch kurze Schallimpulse über 150 dB), das Explosionstrauma (hohe Schalldrücke über 150 dB, die zu einer mechanischen Schädigung des Mittel- und des Innenohrs führen) oder das chronische Lärmtrauma, welches durch Dauerlärm bei Pegeln oberhalb von 85 dB entsteht ([Hohenstein 2012]). Letzteres kann durch beruflich bedingten Lärm (Maschinenlärm, Fahrzeuglärm, usw.) oder auch durch Freizeitlärm (Konzert- und Diskothekenbesuche) ausgelöst werden. Insofern ist die Altersschwerhörigkeit häufig nicht von der Lärmschwerhörigkeit zu unterscheiden, da sie möglicherweise durch eine chronische Lärmbelastung ausgelöst wurde.

Abbildung 80 demonstriert den Hörverlust über vier Lebensdekaden ([Schwarze et al. 2005]). Dabei wird nicht nur der altersabhängige Verlust, sondern auch die Frequenzabhängigkeit deutlich. Bei hohen Frequenzen sind die Schädigungen besonders erheblich und die Hörschwelle somit entsprechend angehoben. Darüber hinaus existieren signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern, zumindest in einigen Frequenzbereichen (Abbildung 81). [Schwarze et al. 2005] weisen jedoch darauf hin, dass diese Unterschiede vermutlich durch die unterschiedliche Lärmexposition hervorgerufen wurden und somit nicht tatsächlich geschlechtsspezifisch sind. Auch hier gilt dann, dass die Darstellung eine Momentaufnahme ist, da die geschlechtsspezifischen Arbeitsbedingungen und Freizeitgestaltungen einem steten Wandel unterlegen sind.

Schallfrequenzen, deren Hörschwelle durch Schwerhörigkeit bereits angehoben ist, sind besonders anfällig dafür, durch Störsignale maskiert zu werden. Die Annahme ist daher plausibel, dass Individuen, deren Hörschwelle angehoben ist, empfindlicher auf Lärm im Innenraum (Maskierungsgeräusch) reagieren. Insbesondere gilt dies, wenn sie sprachliche Kommunikationsaufgaben bewältigen müssen.

[Miedema & Vos 1999] fanden außerdem einen geringfügigen (jedoch signifikanten) Zusammenhang zwischen dem Alter und der subjektiven *Lästigkeit* von Außenlärm (dargestellt als DNL: Day-Night-Level). Die Unterschiede über die untersuchte Altersspanne (10 bis >70 Jahre) betragen maximal 4 dB und waren zudem

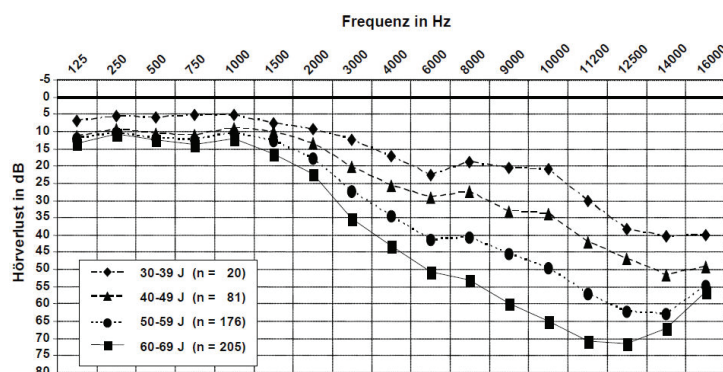


Abbildung 80
Hörverlust über vier Lebensdekaden, unterteilt nach Frequenzen, Quelle: [Schwarze et al. 2005].

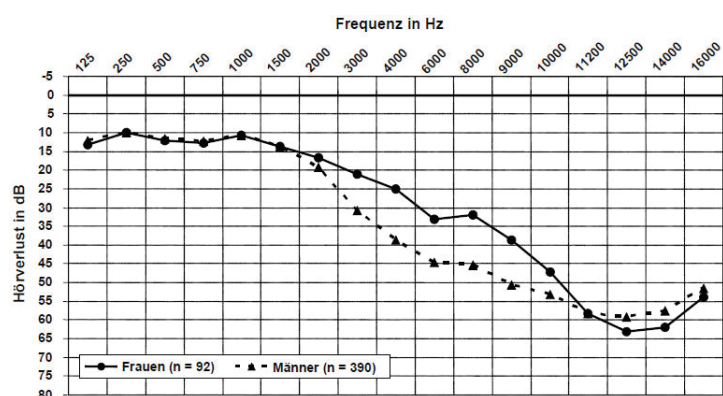


Abbildung 81
Unterschiede des Hörverlusts zwischen den Geschlechtern, unterteilt nach Frequenzen, Quelle: [Schwarze et al. 2005].

nicht linear abhängig vom Alter: Sowohl die jüngsten als auch die ältesten Studienteilnehmer empfanden den Lärm als weniger lästig als die Studienteilnehmer mittleren Alters. Eine Abhängigkeit vom Geschlecht konnte hingegen nicht festgestellt werden.

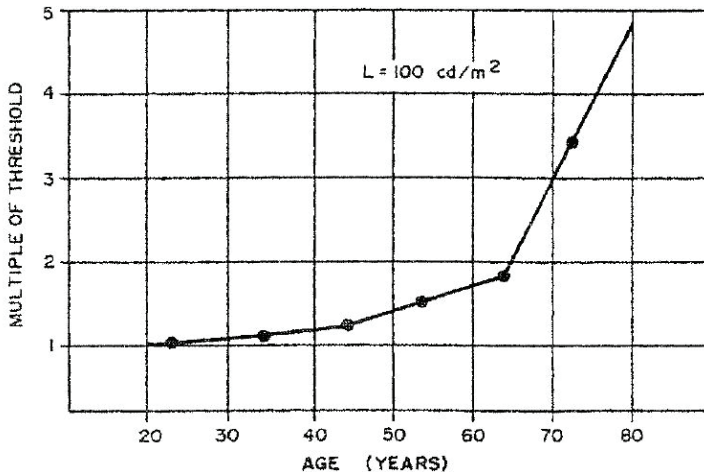


Abbildung 82
Anstieg der Kontrastschwelle mit dem Alter, relativ zu jungen Erwachsenen, Quelle: [Adrian 1989].

Abbildung 83
Verringerung der Akkomodationsbreite in Abhängigkeit des Alters, Quelle: [Eysel 2011].

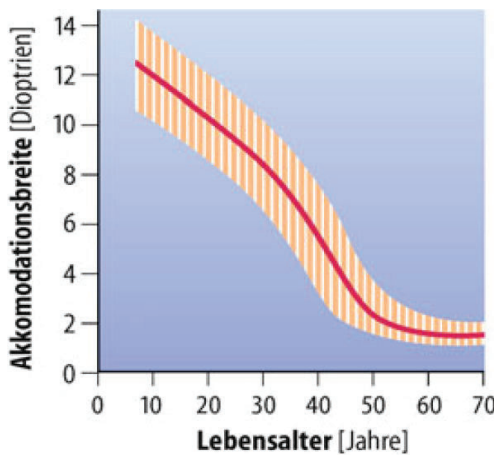
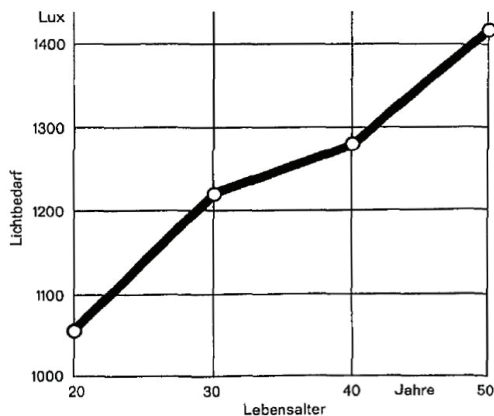


Abbildung 84
Ansteigender Lichtbedarf mit dem Alter, ausgedrückt als Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz, Quelle: [Herbst 1968].



Viele Untersuchungen setzen die *visuelle Leistungsfähigkeit* ins Verhältnis zum Alter. [Adrian 1989] führte beispielsweise für die Abhängigkeit des Schwellenkontrasts vom Lebensalter bei einer definierten Leuchtdichte einen „age factor“ AF ein (Abbildung 82). Diese Altersabhängigkeit wird mit der abnehmenden Klarheit des Auges begründet. Auch die Akkomodationsbreite, also die Fähigkeit des menschlichen Auges, sich durch Anpassung der Linsenkrümmung auf unterschiedlich entfernte Objekte einzustellen, nimmt mit dem Alter ab. [Eysel 2011] gibt hierfür eine Faktor von ca. 6 an, d.h. das Brechwertspektrum der Linse nimmt von ca. 12 auf ca. 2 Dioptrien ab (Abbildung 83). Dies liegt im Wesentlichen an der abnehmenden Elastizität der Linse durch zunehmenden Wasserverlust mit dem Alter. Weitestgehend altersunabhängige, also erworbene oder angeborene Typen von Fehlsichtigkeit - z.B. Myopie (Kurzichtigkeit) oder Hypermetropie (Weitsichtigkeit) - überlagern sich mit diesem Effekt ([Eysel 2011]). Die Verdichtung der Linsenstruktur durch Wasserverlust kann außerdem zur Trübung der Linse und damit zu einem erhöhten Aufkommen von Streulicht in der Linse führen („grauer Star“). Die Folgen davon sind eine erhöhte Blendungsempfindlichkeit, eine verblassende Farbwahrnehmung und undeutlichere Wahrnehmung von Details ([Eysel 2011]). Diese altersabhängigen Veränderungen können z.B. zu einem erhöhten Lichtbedarf mit dem Alter führen: [Herbst 1968] verweist beispielsweise auf eine Studie, bei der sich Handwerker unterschiedlicher Gewerbe die Lichtmenge so einstellen konnten, dass sie ihrer Arbeit problemlos nachgehen konnten (Abbildung 84). Die Intensitätsanforderungen steigen also offenbar mit dem Lebensalter kontinuierlich an. Zahlreiche andere krankhafte Veränderungen des visuellen Apparats sind denkbar, die in der Folge die Anforderungen an die Belichtung verändern oder den Handlungsspielraum des Individuums einengen (Blindheit, Farbenblindheit, o.ä.).

5.4.3.6.9 Abschließender Kommentar zur Verwendbarkeit und zur Notwendigkeit der Weiterentwicklung

In den zurückliegenden Unterabschnitten wurden die Grundlagen der Psychophysik erläutert und die qualitativen und numerischen Modelle dargestellt, die - getrennt nach Modalitäten - den Zusammenhang zwischen äußerer Reizenergie und psychologischer Reaktion beschreiben. Im Gegensatz zur klassischen Psychophysik umfassen die hier beschriebenen Methoden jedoch nicht nur die Bestimmung von Reizschwellen (Wahrnehmungsschwelle, Absolutschwelle, Unterschiedsschwelle und Erkennungsschwelle) sondern - wie es auf der ingenieurseitigen Weiterentwicklung üblich ist - auch die Bestimmung von Behaglichkeits- bzw. Unzufriedenheitsschwellen.

Die Psychophysik wurde als eine psychologische Rahmentheorie eingeführt, da sich im subjektiven Realitätsbild des Gebäudenutzers zahlreiche, offenbar für die Interaktionshandlungen relevante, Wechselwirkungen zwischen dem Individuum und den Umgebungsbedingungen zeigten. Diese Wechselwirkungen wurden in Abschnitt 4.3.7 auf Seite 123 dargestellt. Die hier präsentierten Modelle weisen jedoch eine Reihe an Unzulänglichkeiten auf, die eine direkte Verwendung für ein Gesamtmodell des Nutzerverhaltens unmöglich machen. Hierzu zählt insbesondere die mangelhafte Differenzierung zwischen dem Konzept Empfindung bzw. Wahrnehmung auf der einen und dem Konzept Bewertung auf der anderen Seite. Dieser Differenzierungsmangel ist für den ursprünglichen Zweck der ingenieurseitigen Psychophysik - nämlich die prognostische Abschätzung von durchschnittlichen Gebäudequalitäten - möglicherweise ausreichend. Für ein psychologisch basiertes Handlungsmodell, in dem die Befriedigung zeitvarianter, individueller Bedürfnisse eine zentrale Rolle spielt, ist jedoch eine klare Differenzierung zwischen der Empfindung und der Bewertung von Umgebungsbedingungen erforderlich. Darüber hinaus ist es in einem stärkeren Maß als bisher erforderlich, die Auswirkung individueller Eigenschaften auf die Beziehung zwischen Reizintensität und psychologischem Erleben zu berücksichtigen. Auch das gemeinsame Erleben von Umgebungsbedingungen und deren integrative Bewertung wurden bisher nicht ausreichend erforscht. Über Aspekte der Realitätsanalyse, wie z.B. individuelle Präferenz-Rangfolgen bei der Bewältigung aversiver Umgebungsbedingungen, kann somit bisher keine Aussage getroffen werden. Andere Aspekte des Abschnitts 4.3.7 über die Interrelationen zwischen Individuum und Umgebungsbedingungen - wie z.B. Adaptationsvorgänge oder die Auswirkung von Erfahrungen - sind nicht unmittelbar der Psychophysik zuzuordnen und werden daher erst in späteren Abschnitten besprochen.

5.4.3.7 Handlungseinleitende Wahrnehmung und Bewertung vor dem Hintergrund der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“ und „Gebäude“

Wie einleitend in Abschnitt 5.4.3 auf Seite 231 erläutert wurde, sollen hier diejenigen Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse beschrieben werden, die dem handelnden Individuum Informationen über den Gefährdungszustand seiner Bedürfnisse liefern. Bedürfnisse waren im Rahmen der Realitätsanalyse immer durch die Betrachtung der Interrelationen zwischen dem Kategorialbereich Individuum und den übrigen Kategorialbereichen identifiziert worden, sodass auch hier, im Rahmen dieser Unterabschnitte, auf diese interrelativen Beziehungen Bezug genommen wird. Während also im vorhergehenden Unterabschnitt 5.4.3.6 die Interrelationen zwischen dem Individuum und den Umgebungsbedingungen betrachtet wurden und für deren theoretische Beschreibung auf die Theorien der Psychophysik zurückgegriffen wurde, werden in diesem Abschnitt die Interrelationen zwischen dem Individuum und dem Gebäude analysiert. Hieraus waren die folgenden Bedürfnisse in Abschnitt 4.3.8.5 auf Seite 136 abgeleitet worden:

- *das Bedürfnis des Individuums nach Privatheit im Gebäude,*
- *das Bedürfnis des Individuums nach Sicherheit im Gebäude.*

Bei der Betrachtung der Wahrnehmung speziell von Gebäuden liegt der Gedanke nahe, insbesondere auf Erkenntnisse der *Architekturpsychologie* zurückzugreifen. Dies soll hier auch getan werden, vor allem durch den Rückgriff auf die Betrachtungen von [Flade 2008] und [Richter 2004]. Allerdings erfordert dieser Rückgriff zwei Hinweise. Zunächst muss zur Kenntnis genommen werden, dass sich hinter dem recht eingängigen Begriff der „Architekturpsychologie“ zwei in ihren Grundeigenschaften sehr unterschiedliche Disziplinen verbergen.

[Flade 2008] verweist auf verschiedene dieser unterschiedlichen Positionierungen: So handelt es sich bei der Analyseeinheit der Architektur um eine *konkrete* Umwelteinheit, die konkret zu gestalten ist (z.B. ein spezielles Gebäude), während die Psychologie die *generelle* Analyse von Mensch-Umwelt-Beziehungen anstrebt. Der Architekturansatz ist daher unmittelbarer und praktischer Natur, während der Psychologieansatz grundsätzlicher ist und auf die Erklärung grundlegender, kausaler Zusammenhänge abzielt. Architekturpsychologie kann also nicht als eigenständige Psychologierichtung - mit den entsprechenden Methoden und Lösungsansätzen - verstanden werden, sondern vielmehr als eine Anwendung psychologischer Erkenntnisse auf die spezielle Umwelteinheit „Gebäude“. Für die hier durchgeführte Betrachtung ergibt sich daraus - als der zweite zu beachtende Punkt - dass bei der Berücksichtigung von „Architekturpsychologie“ im Wesentlichen ein Bezug auf die Anwendung einer Theorie und nicht auf ein eigenständiges Theoriegebäude erfolgt. In der Architekturpsychologie wurde also bereits eine Selektion derjenigen Theorien durchgeführt, die sich in der Praxis auf die Umwelteinheit „Gebäude“ anwenden lässt. Von dieser Vorselektion wird hier Gebrauch gemacht, indem an geeigneten Stellen auf die Betrachtungen von [Flade 2008] und [Richter 2004] Bezug genommen wird, ohne die zugrunde liegenden Primärtexte explizit aufzuführen.

5.4.3.7.1 Territorialität und das Bedürfnis nach Privatheit

Die Territorien, in denen sich das Individuum bewegt, lassen sich - weitestgehend zwischen verschiedenen Theorien übereinstimmend - in drei Typen aufteilen: [Flade 2008] verwendet die Begriffe *primäres* Territorium, *sekundäres* Territorium und *öffentliches* Territorium. Diese Territorien unterscheiden sich z.B. durch die Dauer der Inanspruchnahme, die persönliche Bedeutung, das Ausmaß der Personalisierung des Territoriums, beispielsweise durch das Aufstellen privater Bilder oder durch das Ausmaß an möglicher Einflussnahme auf den Raum. So stellt die eigene Wohnung oder der persönliche Büroarbeitsplatz primäres Territorium, ein Klassenzimmer oder der Stammtisch sekundäres Territorium und der öffentliche Bus oder die öffentliche Parkbank öffentliches Territorium dar. Territorialität erhält also bereits Relevanz für diese Arbeit, da, wie vorangehend erwähnt, das Maß der möglichen Einflussnahme auf den Raum mit der Art des Territoriums variiert. So ist ein Individuum innerhalb seines eigenen, primären Territoriums i.d.R. bereit, regulative Ausstattungselemente bei Bedarf zu bedienen. In einem sekundären Territorium, wie z.B. innerhalb der Schulklasse oder des Seminarraums, nimmt diese Bereitschaft, selbstständig einzugreifen, ab und ist innerhalb des öffentlichen Territoriums oder innerhalb eines fremden, primären Territoriums am geringsten ausgeprägt. Dieser Aspekt wurde bereits aus der Perspektive der Behavior Setting Theorie beschrieben: Die Penetrationstiefe eines BS-Teilnehmers bestimmt das Maß, in dem er Verantwortung für den Fortbestand des BS übernimmt bzw. das Maß, in dem er befugt ist, eigenständige Handlungen vorzunehmen (5.3.2.1.6 auf Seite 211). Ein Schüler, der dem Lehrer untergeordnet ist, wird aufgrund seiner geringeren Penetrationstiefe innerhalb des BS „Klassenraum-Geschehen“ vermutlich weniger dazu tendieren, im Bedarfsfall das Fenster eigenständig zu bedienen. In seinem eigenen Zimmer wird er dies jedoch mit größerer Selbstverständlichkeit tun.

Territorialität ist eng mit dem Bedürfnis nach Privatheit verknüpft. [Richter 2004] beschreibt, dass die Privatsphäre der sozialen Regulation dient, indem sie durch das Individuum geöffnet, aber auch gegenüber der Außenwelt geschlossen werden kann. Dazu verfügt das Individuum über verschiedene Möglichkeiten: [Richter 2004] verweist auf die Möglichkeit, Stellwände in Großraumbüros aufzustellen, die so hoch sind, dass sie im Sitzen nicht überblickt werden können und [Flade 2008] beschreibt als einfaches architektonisches Mittel Türen, die geöffnet oder geschlossen werden können.

Auch hier zeigt sich also deutlich die praktische Relevanz für die Ziele dieser Arbeit, die sich aus dem Begriff der Privatheit ergeben. Dabei lässt sich das Bedürfnis nach Privatheit weiter differenzieren: [Flade 2008] fasst zusammen, dass dies Ausdruck des Wunsches ist, ein autonomes Leben zu führen, sozialen Rollen zu entkommen, frei zu agieren und Gefühle zeigen zu können. Visuelle Privatheit schützt dabei vor unerwünschter Beobachtung, akustische Privatheit schirmt gegenüber Lärm ab und ermöglicht ungestörtes Reden. Die Vermutung liegt nahe, dass das Bedürfnis nach Privatheit steigt, je eher ein Raum zum primären - und damit schützenswerten - Territorium zählt und dass das Bedürfnis sinkt, je öffentlicher der Aufenthaltsbereich ist.

5.4.3.7.2 Unsicherheitsgefühle als Stressor und das Bedürfnis nach Sicherheit

[Flade 2008] führt das Gefühl von Unsicherheit als einen unter verschiedenen möglichen Stressoren auf. „Unsicherheitsgefühle sind negative emotionale Reaktionen, die Stress auslösen, auf den überwiegend mit Vermeidungsstrategien reagiert wird“ ([Flade 2008], S. 150). Mit Vermeidungsstrategien sind „freiwillige Einschränkungen potenzieller Mensch-Umwelt-Transaktionen“ gemeint. Ein Individuum nimmt z.B. Umwege in Kauf, um unsichere Gegenden zu vermeiden. Mit Bezug auf die Ziele dieser Arbeit kann das beispielsweise bedeuten, dass ein Individuum aufgrund seines Sicherheitsbedürfnisses auf ein geöffnetes Fenster über Nacht verzichtet. [Flade 2008] führt drei unterschiedliche Theorien auf, die Erklärungen für das Entstehen und die Konsequenzen von Unsicherheitsgefühlen liefern. Sie werden nachfolgend kurz erläutert:

Die *Disorder-Theorie* führt das Gefühl von Unsicherheit auf das Erleben unzivilisierter Zustände („incivilities“) zurück. Dabei lässt sich zwischen *physischen* Erscheinungsbildern - wie z.B. heruntergekommene Gebäude, Schmutz und Müll, zerschlagene Fensterscheiben, usw. - und *sozialen* Erscheinungsbildern - wie z.B. alkoholisierte oder Drogen konsumierende Individuen, Lärm, usw. - unterscheiden. Hier zeigt sich also eindeutig der in Abschnitt 4.3.8.5.1 auf Seite 136 beschriebene Zusammenhang zwischen dem Sicherheitsempfinden und der Lage des Gebäudes bzw. seiner regionalen Einbindung.

Die *Prospect-Refuge-Theorie* beschreibt hingegen Bedingungen, die für das Erleben von Sicherheit erforderlich sind. Individuen fühlen sich demnach sicherer, wenn sie die Umwelt überblicken können, wenn ein geschütztes Refugium in der Nähe ist und wenn Fluchtwege existieren. Insbesondere in Bezug auf den erstgenannten Aspekt nimmt die Beleuchtung eine besondere Rolle ein. So verweist [Flade 2008] auf Untersuchungen, die zeigen, dass das Gefühl von Sicherheit und Helligkeit positiv und in starkem Maß miteinander korrelieren. Auch hier ist die Interpretation aus Sicht der vorliegenden Arbeit naheliegend. Es besteht ein Bezug zur Lage des Gebäudes, da sich das Gefühl von Sicherheit in einer schlecht beleuchteten Umgebung i.d.R. verringert. Zum anderen besteht ein direkter Bezug zu den Störungskorrekturaktivitäten des Individuums und zwar dann, wenn das Licht im Innenraum zur Erhöhung des Sicherheitsgefühls angeschaltet und das Fenster über Nacht geschlossen wird.

Die Erhöhung der Helligkeit kann außerdem im Sinne der *Territorialitätstheorie* als eine Verteidigung des Territoriums verstanden werden. [Flade 2008] führt als Beispiel die Erhöhung der Helligkeit in U-Bahn-Stationen auf, die als Verteidigung des Territoriums durch die jeweiligen Verkehrsbetriebe verstanden werden kann. Andere Maßnahmen sind die Installation von Überwachungskameras oder Zugangsbarrieren. Hier liegt wiederum die Vermutung nahe, dass das allgemeine Sicherheitsbedürfnis der Gebäudenutzer um so mehr befriedigt wird, je höher die allgemeinen Sicherheitsmaßnahmen ausfallen. Persönliche Schutzmaßnahmen werden dadurch voraussichtlich unwahrscheinlicher (z.B. Fenster über Nacht öffnen in „gated communities“).

5.4.3.7.3 Abschließender Kommentar zur Verwendbarkeit und zur Notwendigkeit der Weiterentwicklung

Im Vergleich mit den Ausführungen zur Psychophysik und dem daran gekoppelten Bedürfnis nach Behaglichkeit konnten zu den Bedürfnissen nach Privatheit und Sicherheit keine ähnlich ausgearbeiteten, auf das hier im Zentrum stehende Problemfeld direkt zutreffenden Konzeptualisierungen aufgefunden werden. Die Ursprünge der aufgeführten Theorien entstammen zunächst thematisch andersartigen Schwerpunkten. Dennoch sind offensichtliche Anknüpfungspunkte zu erkennen. So wurde von [Perkins et al. 1993] mit Bezug zur Disorder-Theorie ein korrelativer Zusammenhang zwischen objektiven, physischen Merkmalen der gebauten Umwelt und dem subjektiven Empfinden von Verbrechensgefährdung in der Nachbarschaft hergestellt. Im Rahmen der Prospect-Refuge-Theorie untersuchten [Fisher & Nasar 1992] außerdem den Zusammenhang zwischen äußerlichen Merkmalen eines Campus-Geländes und dem Auftreten von Angst vor Kriminalität. Die in den beiden vorangegangenen Unterabschnitten gemachten Vorschläge zur problemfeldorientierten Interpretation dieser Theorien zeigen entsprechend, dass diese Theorien im Rahmen der hier betrachteten Problematik potenziell verwendbar sind. Entscheidend ist, in welchem Umfang die Erkenntnisse auf den Zusammenhang zwischen objektiven Randbedingungen und dem Sicherheitsempfinden *innerhalb des Gebäudes* übertragbar sind. Hier verbleiben also noch offene Fragen, die im Rahmen zukünftiger Forschungstätigkeit geklärt werden müssen.

5.4.3.8 Handlungseinleitende Wahrnehmung und Bewertung vor dem Hintergrund der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“, „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“

In diesem Abschnitt werden jene Bedürfnisse betrachtet, die sich aus der Analyse der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“, „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“ ergeben hatten (siehe Abschnitt 4.3.9.2 auf Seite 143). Folgende Bedürfnisse waren mit diesen Interrelationen in Verbindung gebracht worden:

- *das Bedürfnis des Individuums nach gezielter Durchführung einer Aktivität,*
- *das Bedürfnis des Individuums nach Erhalt der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente,*
- *das Bedürfnis des Individuums nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes und seiner Anteile.*

Bei der Bewertung vor dem Hintergrund dieser Bedürfnisse geht es also nicht um die *hedonische* Wirkung der Umgebungsgrößen, sondern um deren *Zweckangemessenheit*. Einmal mehr soll jedoch darauf hingewiesen werden, dass das Ziel dieser Arbeit nicht zuletzt darin besteht, einen möglichst vollständigen systematischen Ordnungsraster für diejenigen Wirkungsgrößen und -zusammenhänge zu erstellen, die das Interaktionsverhalten des Nutzers prägen. Es besteht jedoch *nicht* das Ziel, eine vollständige, theoretische Konzeptualisierung dieser Wirkungszusammenhänge durchzuführen bzw. darzustellen. Stattdessen sollen für alle Ordnungspunkte des entwickelten Ordnungsrasters Beispiele angeführt werden, welche den Gesamtkonzeptualisierungsrahmen anhand beispielhafter Theorien ausreichend darstellen.

Der Umfang derjenigen Theorien bzw. Theorieanteile, die potenziell auf das hier betrachtete Problemfeld anwendbar sind, fällt dabei offenbar von Betrachtungsbereich zu Betrachtungsbereich sehr heterogen aus. Während z.B. die psychophysikalischen Zusammenhänge inklusive der behaglichkeitsrelevanten Bewertungsvorgänge (Abschnitt 5.4.3.6 auf Seite 237) bereits sehr umfangreich und detailliert beschrieben werden konnten, ergibt sich für die nachfolgenden Ausführungen zumeist ein anderes Bild. So existieren für die Intensitäten von Umgebungsbedingungen in Gebäuden vielfältige normative Vorgaben, die dazu dienen, die speziellen Tätigkeiten in diesen Gebäuden zu ermöglichen oder zu erleichtern (z.B. die verschiedenen Schallschutz- und Wärmeschutznormen). Allerdings liegen praktisch keine theoretisch beschriebenen Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen der *Abweichung* von diesen „idealen“ Umgebungsbedingungen und den Konsequenzen für die funktionalen Aktivitäten vor. Während also Erkenntnisse der Psychophysik über den Zusammenhang zwischen z.B. den thermischen Umgebungsbedingungen und der thermischen Empfindung in mathematisch formalisierter Form existieren, können Zusammenhänge zwischen den thermischen Umgebungsbedingungen und der Durchführbarkeit einer funktionalen Aktivität nur bedingt numerisch dargestellt werden. Bei den nachfolgend beschriebenen Beispielen handelt es sich daher in vielen Fällen eher um empirische Studien als um theoretische Darstellungen.

5.4.3.8.1 *Das Bedürfnis nach gezielter Durchführung einer Aktivität*

An erster Stelle wird hier das Bedürfnis des Individuums nach gezielter Durchführung einer Aktivität betrachtet. Dies erfordert, dass die Umgebungsbedingungen stets in Relation zu den aktivitätsspezifischen *Informationsaufnahme-, Informationsausgrenzungs- und Informationsverarbeitungsprozessen*, d.h. zu den involvierten höheren kognitiven Prozessen betrachtet werden müssen. Aufgrund ihres Aktivitätsbezugs werden diese Informationsprozesse in der überwiegenden Mehrheit der Fälle durch die Art der verwendeten, funktionalen Ausstattungselemente mitbestimmt. In Abschnitt 4.3.9.2.1 auf Seite 143 der Realitätsanalyse wurde z.B. darauf hingewiesen, dass für die Aktivität des Lesens - als informationsverarbeitender Prozess - z.B. ein Buch erforderlich ist und dass diese Gesamtaktivität des „Buchlesens“ entsprechende Anforderungen an spezielle Umgebungsbedingungen, in diesem Fall an das Licht, stellt. Für die Durchführung dieser Aktivität bestehen z.B. Anforderungen an den *Intensitätsbereich* des Lichts, die bei einer anderen Tätigkeit - z.B. dem Perlenzählen, dem Anfertigen eines Gemäldes oder der Hausarbeit - auch entsprechend anders ausfallen würden. Im Sinne der Behavior Setting Theorie könnte man in diesem Zusammenhang von einer Anforderung an die Synomorphie zwischen Tätigkeit und Milieu sprechen.

Im Zuge der Darstellungen der folgenden Unterabschnitte wird sich zeigen, dass Umgebungsgrößen sowohl einen *primären* als auch einen *sekundären* Einfluss auf die Aktivität ausüben können. Diese Differenzierung wird im Rahmen dieser Arbeit folgendermaßen definiert: Primäre Einflüsse betreffen unmittelbar die informationsaufnehmende Sensorik, während sekundäre Einflüsse die kognitiven Verarbeitungsprozesse betreffen. Für die Aktivität des „Buchlesens“ bedeutet diese Unterscheidung z.B., dass die Umgebungsgröße „Licht“ primären Einfluss auf die Aktivität ausübt, da die Informationen visuell aufgenommen werden und das Lesen eines Buchs ohne Licht unmöglich wäre. Die Umgebungsgröße „Schall“ kann hingegen einen sekundären Einfluss auf die Aktivität ausüben, indem das Schallangebot die Verarbeitung der visuell wahrgenommenen Informationen erschweren kann. Diese Differenzierung wird am Beispiel der Akustik besonders deutlich, sodass mit dieser Darstellung begonnen wird.

5.4.3.8.1.A Auswirkungen der akustischen Wahrnehmung auf die Aktivitätsdurchführung

In Abschnitt 5.4.3.6.5 auf Seite 262 wurde bereits das Konzept der *Lästigkeit* dargestellt. Es hatte sich gezeigt, dass darin verschiedene Zusammenhänge gemeinsam betrachtet werden, für die innerhalb des hier untersuchten Gesamt-Problemfelds jedoch eine Trennung vorteilhaft ist. Die Trennung wird im Zuge dieser Arbeit zwischen dem Aspekt der Behaglichkeit einerseits und dem Aspekt der Störung einer funktionalen Aktivität andererseits vorgenommen. Damit soll die Möglichkeit erhalten bleiben, Störungspotenziale von Umgebungsbedingungen aktivitätsspezifisch beurteilen zu können. Allerdings zeigt sich an dem Konzept der Lästigkeit auch, dass der Übergang von einer Beurteilung auf der Basis von *Behaglichkeit* zu einer Beurteilung auf der Basis von *Funktionsstörungen* gleitend ist. Eine Auftrennung ist also nicht in allen konkreten Fällen eindeutig. Nichtsdestotrotz sollen nachfolgend einige beispielhafte Studien dargestellt werden, die den Zusammenhang zwischen Schall und psychologischer Reaktion im Sinne einer (aktuellen oder langfristigen) Aktivitätsstörung aufzeigen.

Die *primäre* Störung der funktionalen Aktivität durch Schalleinflüsse erfolgt durch die Einschränkung der Kommunikation. [Fasold & Veres 1998] beschreiben die Verhinderung von Kommunikationsstörungen als das wesentliche Ziel des normativen Immissionsschutzes, wobei offensichtlich Unterschiede aus dem Anforderungsniveau der Aktivität resultieren (sie verweisen auf die Beispiele „Börse“ und „Sprechtheater“). Gleichzeitig hängt das Maß der Kommunikationsstörung allerdings von der Sprechweise, den Hörfähigkeiten und dem Abstand der beteiligten Individuen, aber auch von der Nachhallzeit des Raumes ab. Als Form einer ansatzweisen Quantifizierung ordnen sie einem Störschallpegel von 40 dB(A) „für normale sprachliche Kommunikation“ im Innenraum eine zufriedenstellende Qualität für die Sprachverständigung zu. Mit leichten Abwandlungen lassen sich diese Kriterien auch auf das Führen von Telefongesprächen anwenden. Nach [Schmidt 1996] ist die Sprachverständlichkeit während des Telefonierens bei einem Störschallpegel von 55 dB zufriedenstellend, bei 65 dB leicht erschwert und bis 80 dB schwierig, darüber unbefriedigend. Die aktuelle Normung lässt darauf schließen, dass nicht nur der Schutz der Kommunikationsfähigkeit, sondern auch der Schutz des Ruhebedürfnisses gesichert werden soll. Dazu zählt z.B. auch die Berücksichtigung des Ruhebedürfnisses in Bettenräumen von Krankenhäusern und Sanatorien oder grundsätzlich während Schlafenszeiten ([Norm DIN 4109 1989]).

Sekundäre Einflüsse des Schalls betreffen vor allem die kognitive Leistungsfähigkeit. [Hygge & Knez 2001] untersuchten z.B. in einem Experiment kognitive Leistungen wie Aufmerksamkeit, Problemlösefähigkeit, Kurzzeit- und Langzeiterinnerung unter 38 dB(A) und 58 dB(A) eines schwerpunktmäßig tieffrequenten Breitbandrauschens. Beleuchtungsstärke und Temperatur wurden während der Untersuchung ebenfalls in jeweils zwei Stufen variiert (300/1500 lx, 21/27 °C). Es zeigte sich, dass die Aufmerksamkeitsaufgabe bei 58 dB(A) schneller, jedoch auch ungenauer durchgeführt wurde, was in Übereinstimmung mit der sogenannten SATO-Hypothese (Speed-Accuracy Trade Off) ist. Der Abruf aus dem Langzeitgedächtnis war jedoch unter den lauterer Bedingungen schlechter als unter den leiseren Bedingungen, zumindest unter der Bedingung der höheren Temperatur. Diese Untersuchungsergebnisse stehen beispielhaft für den Einfluss von kontinuierlichem Lärm auf die *aktuelle* kognitive Leistungsfähigkeit.

[Bronzaft & McCarthy 1975] verglichen die Leseleistung von Schülern einer Schule, deren Klassen jedoch auf unterschiedlichen Seiten des Schulgebäudes lokalisiert waren. Die eine Seite war nicht mit Außenlärm belastet, während es auf der anderen Seite aufgrund von Zugverkehr im Schnitt alle 4,5 Minuten zu einem Anstieg des Innenraumpegels auf bis zu 89 dB(A) für ca. 30 Sekunden kam. Wortkenntnis und Leseverständnis der ansonsten hinsichtlich der Gruppenzusammensetzung (Intelligenz, sozialer Hintergrund) vergleichbaren Schülergruppen unterschieden sich signifikant. Dabei lagen die Schüler der lärmbelasteten Seite im Schnitt drei bis vier Monate und teilweise bis zu elf Monate hinter den Schülern, die auf der ruhigen Seite unterrichtet wurden. Ob dieser Zusammenhang durch die reduzierte Unterrichtszeit (Kommunikationsstörung durch regelmäßige, lärmbedingte Unterbrechungen des Lehrers) oder durch eine herabgesetzte kognitive Leistungsfähigkeit der Schüler bedingt ist, lässt sich anhand der Untersuchung allerdings nicht endgültig klären. An beiden Erklärungsmustern zeigt sich jedoch das Störpotenzial von Lärm für die funktionale Aktivität „Unterricht“. An diesem Beispiel zeigen sich also potenzielle *Langzeitfolgen*, deren Wirkung über die aktuelle Störung hinausgehen.

Eine ähnliche Untersuchung führten [Cohen et al. 1980] durch. Sie untersuchten den Effekt von Fluglärm auf Schüler, indem sie verschiedene physiologische Parameter und die kognitive Leistungsfähigkeit von Schülern verglichen. Dafür wählten sie vier Schulen innerhalb der Einflugschneise des Flughafens Los Angeles mit bis zu 300 Überflügen pro Tag und Maximalpegeln von bis zu 95 dB(A) und verglichen die Daten mit Schülern ruhig gelegener Schulen, jedoch mit vergleichbarem Alter, sozialen Hintergrund und mit vergleichbarer Hörfähigkeit. Die Untersuchung ergab erhöhte Blutdruckwerte für die dem Lärm ausgesetzten Schüler und es zeigte sich, dass diese Schüler eher dazu neigten, bei der Bewältigung von Aufgabenstellungen aufzugeben. Schüler, die dem Lärm bereits über längere Zeit ausgesetzt waren (3 - 4 Jahre), wiesen außerdem eine verringerte Konzentrationsfähigkeit auf. An dieser Untersuchung verdeutlichen sich somit *Langzeitfolgen*, die auch physiologische Kenngrößen und das Problemlöseverhalten der Schüler betreffen und damit über kognitive Leistungsaspekte hinaus gehen.

[Hellbrück & Fischer 1999] weisen auf eine Reihe von Einflüssen hin, die in Übereinstimmung mit den Ergebnissen dieser Studien sind: Bei Erwachsenen bindet Lärm - insbesondere diskontinuierlicher oder impulshaltiger Lärm - die Aufmerksamkeit, sodass ein erhöhter Energieaufwand erforderlich ist, um kognitive Leistungen zu erbringen und somit die Ressourcen früher aufgebraucht sind. Störungen und das damit verbundene Belästigungsgefühl können durch die Vorhersagbarkeit des Lärms gemildert werden, da Lärm dann als kognitiv kontrollierbar erlebt wird. Auch die Bereitschaft zur Aggression - ausgelöst durch Lärm - verringert sich, sofern der Lärm als kontrollierbar wahrgenommen wird. Die Reaktion auf Lärm fassen [Hellbrück & Fischer 1999] als Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die Reizquelle zusammen (Lärm stammt von Alarm ab: a l'arme = zu den Waffen). Daraus folgen typische physiologische Anpassungsreaktionen wie die Erhöhung der Atemfrequenz, des Blutdrucks und des Blutzuckerspiegels. Allerdings weisen sie darauf hin, dass dies keine unmittelbare Folge des Schalldruckpegels als solches, sondern insbesondere der affektiven Bewertung des Schalls ist. Chronische Lärmbelastungen können - insbesondere wenn das Gefühl vorherrscht, dem Lärm hilflos ausgesetzt zu sein - depressive Neigungen befördern („Niederlage-Reaktion“).

5.4.3.8.1.B Auswirkung der visuellen Wahrnehmung auf die Aktivität

Die visuelle Aufnahme von Informationen erfordert die Bereitstellung einer ausreichenden *Lichtmenge*. Sinkt die Lichtmenge, dann sinkt die Sehleistung, da der Schwellenkontrast ansteigt. Dieser Zusammenhang ist bei schwierigen Schaufgaben besonders deutlich.

Die Abbildung 85 zeigt beispielhaft einige Untersuchungsergebnisse zu der funktionalen Wirkung der Lichtmenge von [Herbst 1968]. Ein Anstieg der Beleuchtungsstärke von einem sehr geringen auf ein angemessenes Niveau führt dabei zu einer höheren Leistung bei geringerer Fehleranzahl und verringerter Ermüdung. Andere Untersuchungen belegen, dass auch zu hohe Beleuchtungsstärken als unangenehm empfunden werden können. [Fischer 1970] hat verschiedene Untersuchungen zur Beurteilung der Beleuchtungsstärke durch Nutzer in einer (teils simulierten) Büroumgebung zusammengefasst (siehe Abbildung 86). Dabei tritt zutage, dass die Urteile, welche die Helligkeit als „gut“ bewerten, oberhalb einer Beleuchtungsstärke von 2000 lx zurückgehen. Unter

Verweis auf andere Untersuchungen erklärt Fischer dies u.a. mit dem Ermüdungsgrad, der oberhalb von 2000 lx wieder zunimmt, nachdem er unterhalb von 2000 lx abgenommen hat.

Möglicherweise wird diese Ermüdung durch das Auftreten von Blendung verursacht. In Abschnitt 5.4.3.6.6 auf Seite 272 wurde bereits auf die sogenannte *psychologische* Blendung eingegangen, die zwar nicht unmittelbar zu Einbußen bei der Sehleistung, jedoch zu einem Zustand visueller Unbehaglichkeit führt. Die *physiologische* Blendung führt hingegen zu quantifizierbaren Einbußen der Sehleistung, wirkt sich also z.B. auf den Schwellenkontrast und den Visus und damit auf die Arbeitsleistung aus, sofern diese Sehaufgaben beinhaltet. Dieses Phänomen wird weitestgehend damit erklärt, dass hohe Leuchtdichten auf der Retina zu *Streulicht* führen, welches das retinale Bild des betrachteten Objektes überlagert. Diese Streuleuchtdichte wirkt kontrastmindernd, indem die Leuchtdichte des Hintergrunds L_H um die *Streuleuchtdichte* L_S erhöht und damit das Verhältnis zwischen der Differenz $L_O - L_H$ einerseits und der Hintergrundleuchtdichte reduziert wird. Dieses Verhältnis stellt nach Definition den Kontrast dar, der also durch die Streuleuchtdichte verringert wird. Die Höhe der Streuleuchtdichte steigt mit der Beleuchtungsstärke an, die sich am Auge durch die Blendquelle einstellt, und verringert sich mit dem Winkel zwischen Blickrichtung und Blendquelle ([Baer 1996], [Strasser 1993]). Ist ein Bildschirmarbeitsplatz also z.B. so ausgerichtet, dass der Nutzer frontal Richtung Fenster orientiert ist und sich damit der Monitor zwischen Nutzer und Fenster befindet, so kann eine hohe Leuchtdichte des Fensters die Betrachtung des Monitors durch Blendung erschweren. Entsprechend der Wirkung der Streuleuchtdichte kann der Nutzer darauf reagieren, indem er entweder die Leuchtdichte des Fensters durch Herabziehen des Blend- bzw. Sonnenschutzes verringert oder indem er seine Arbeitsplatzorientierung um 90° dreht, und damit den Winkel zwischen seiner Blickrichtung und der Blendquelle entsprechend vergrößert.

Auch die Farbigkeit der Raumboflächen kann sich auf die Funktionalität des Raums auswirken. Was das menschliche Auge als Farbigkeit eines Gegenstandes wahrnimmt, wird durch die spektrale Zusammensetzung des von dem Gegenstand reflektierten Lichts bestimmt. Wird der Gegenstand jedoch nicht mit weißem Licht bestrahlt, sondern z.B. vornehmlich mit rotem Licht ohne wesentliche Blauanteile, so kann das reflektierte Licht ebenfalls keine Blauanteile enthalten (selbst wenn der Gegenstand einen hohen Reflexionsgrad für blaue Wellenlängen aufweist). Die Blautöne des Gegenstands lassen sich also nicht mehr ohne Weiteres differenzieren. Trotz des Phänomens der Farbkonstanz, welches besagt, dass Farben über einen relativ weiten Helligkeits- und Spektralbereich der Beleuchtung durch den Betrachter durchaus als konstant wahrgenommen werden (siehe z.B. [Schönhammer 2009], S. 139), werden sowohl an Verglasungen als auch an künstliche Beleuchtungen Anforderungen an die *Farbwiedergabe* gestellt. Diese wird anhand des Farbwiedergabeindex R_a angegeben, wobei ein Wert von 100 den Optimalwert darstellt. Entsprechend der Nutzung des Raums werden sehr unterschiedliche

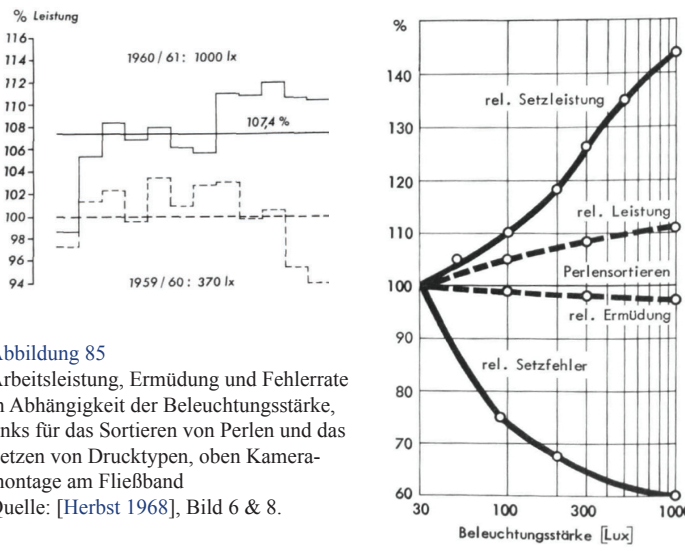


Abbildung 85
Arbeitsleistung, Ermüdung und Fehlerrate in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke, links für das Sortieren von Perlen und das Setzen von Drucktypen, oben Kameramontage am Fließband
Quelle: [Herbst 1968], Bild 6 & 8.

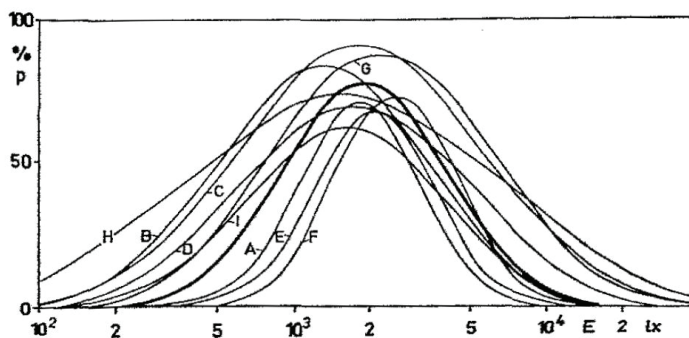


Abbildung 86
Anteil der Versuchspersonen, welche die Beleuchtungssituation in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke (Abszisse) als „gut“ bezeichnen; Kurven unterschiedlicher Untersuchungen, repräsentative Kurve fett dargestellt, Quelle: [Fischer 1970].

Anforderungen an die Farbwiedergabe gestellt (z.B. für künstliche Beleuchtungen im Flur (40), in der Schmuckherstellung (90), in Büros (80)). Hier zeigt sich also ein Bezug zu den Zielen funktionaler Aktivitäten, sofern hohe Diskriminierungsleistungen ein Teil der Sehaufgabe sind.

5.4.3.8.1.C *Auswirkungen der thermischen Wahrnehmung auf die Aktivitätsdurchführung*

Die Auswirkungen der thermischen Bedingungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit des Individuums werden sehr unterschiedlich und teils widersprüchlich beurteilt. [Ramsey 1995] führt das auf die uneinheitlichen Ausgangsbedingungen zurück, die den zahlreichen Untersuchungen zugrunde liegen und teils auch nicht ausreichend dokumentiert sind. Der Abschnitt 5.4.3.6.3 auf Seite 240 demonstriert die Vielfältigkeit der Bedingungsgrößen der thermischen Wahrnehmung und auch daraus wird erkennbar, wie präzise die Randbedingungen beschrieben werden müssten, um eine einheitliche Bewertungsgrundlage zu erschaffen. Die Darstellungen des genannten Abschnitts unterstützen somit die Vermutung, dass die Untersuchungen häufig von sehr unterschiedlichen Bedingungen ausgehen.

[Ramsey 1995] hat im Rahmen einer Metastudie versucht, eine große Anzahl von Studien vergleichbar zu machen, indem er die konkreten thermischen Randbedingungen dieser Untersuchungen auf die Größe „Wet Bulb Globe Temperature“ (WBGT) zurückführte. Dabei handelt es sich um einen Index, der die Lufttemperatur, die Luftfeuchte, die Strahlungstemperatur und die Luftbewegung zu einem Kennwert zusammenfasst. Dadurch konnte er die verschiedenen Untersuchungen nach drei Unterscheidungsmerkmalen differenzieren und das Kriterium „Leistungseinbuße“ (als psychologische Reaktion) der Größe WBGT (als physikalischen Reiz) zuordnen. Seinen Ergebnissen zufolge werden einfache Aufgaben - zu denen er z.B. mentale, kognitive, sensorische oder einfache sensomotorische Aufgaben zählte - durch einen Anstieg der WBGT auch über längere Zeiträume nicht beeinflusst. Tatsächlich kommt es während Kurzzeitexpositionen sogar eher zu einer Leistungssteigerung. Bei schwereren Aufgaben hingegen - dazu werden umfassendere sensomotorische Aufgaben, Fahrzeug- oder Maschinenbedienung oder die duale Erledigung von Aufgaben gezählt - kommt es sowohl bei kurzzeitiger als auch bei längerfristiger Exposition zu Leistungseinschränkungen ab einer WBGT von ca. 30 - 33 °C.

Auf ähnliche Ergebnisse, jedoch auch auf die widersprüchlichen Ergebnisse vieler Studien, verweisen [Hellbrück & Fischer 1999]. Der Zusammenhang zwischen Temperatur und Leistungsfähigkeit konnte also bisher offenbar nicht widerspruchsfrei dargestellt werden. Ähnliches gilt nach [Hellbrück & Fischer 1999] auch für den Zusammenhang zwischen Hitze und Aggression: Erhöhte Umgebungstemperaturen gelten als eine mögliche Ursache für den Anstieg von Aggression und Gewalt, was häufig an der Anzahl der Gewaltverbrechen, speziell der Anzahl der Sexualdelikte, gemessen wird. Sie weisen allerdings darauf hin, dass dabei vermittelnde Faktoren, wie z.B. erhöhte Gelegenheitsanzahl durch vermehrte Aktivität außerhalb des Hauses, erhöhter Alkoholkonsum oder auch saisonalbedingte hormonelle Faktoren, nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Somit kann also auch in Bezug auf Aggressionen kein eindeutiger Bezug zu den thermischen Bedingungen hergestellt werden.

5.4.3.8.1.D *Auswirkung der Wahrnehmung von Reiz- und Schadstoffen auf die Aktivitätsdurchführung*

In Abschnitt 5.4.3.6.4 auf Seite 249 wurde die Psychophysik der olfaktorischen und der allgemeinen chemosensorischen Empfindung und Bewertung dargestellt. Dort wurde darauf hingewiesen, dass die Wahrnehmung i.d.R. in der Reihenfolge Geruch - sensorische Reizung - toxische Wirkung erfolgt. Z.B. hatte [Mølhav 1991] bei der Betrachtung flüchtiger, organischer Substanzen deren Konzentrationsbereich in die drei Stufen „Komfortbereich“ - „Diskomfortbereich“ und - oberhalb der Grenze von 25 mg/m³ - „toxischer Bereich“, bei dem Kopfschmerzen und andere neurotoxische Symptome auftreten können, eingeteilt. Die Annahme ist berechtigt, dass die toxische Auswirkung von Substanzen - sofern diese Substanzen vorab zu einer dauerhaften, olfaktorisch bedingten Unbehaglichkeit führen - nur bedingt handlungsrelevant ist. Andere Substanzen sind jedoch weder olfaktorisch wahrnehmbar noch führen sie zu sensorischen Reizungen und sind dadurch erst durch ihre toxischen Wirkungen wahrnehmbar (wie z.B. das Auftreten von Kopfschmerzen oder die Reduktion der Konzentrationsfähigkeit). Für andere Substanzen mag es wiederum zu einer so schnellen und vollständigen

olfaktorischen Adaptation kommen, dass nicht die Geruchseigenschaften des Stoffs handlungsrelevant werden, sondern auch erst dessen toxischen Auswirkungen. Als Beispiel für eine geruchlose Substanz findet nachfolgend die Betrachtung des Kohlendioxids, dem am häufigsten für die Bewertung der Luftqualität angeführten Luftbestandteil, unter dieser Perspektive statt.

[Wargoeki & Wyon 2006] untersuchten in drei Experimenten mit jeweils zwei Parallelklassen die Wirkung einer reduzierten Raumlüftung auf Grundschüler im Alter von 10-12 Jahren. Dabei wurde jeweils eine Klasse mit etwa 3 l/s/Person und die andere Klasse mit 9,5 l/s/Person Außenluft über ein mechanisches Lüftungssystem versorgt und die Innenraumkohlendioxid-Konzentrationen gemessen. Eine reduzierte CO₂-Konzentration (bzw. eine erhöhte Lüftung) führte dabei zu einer verbesserten *Leistungsfähigkeit* der Schüler bei kontrollierten Tests (erhöhte Bearbeitungsgeschwindigkeit, reduzierte Fehleranzahl). Jedoch wird nicht unmittelbar die CO₂-Konzentration verantwortlich gemacht, sondern diese stattdessen als Stellvertretergröße für die Luftqualität im Allgemeinen verstanden. Allerdings wurde nicht hinsichtlich zusätzlicher, potenzieller Luftverunreinigungen wie VOCs, Gerüchen oder Krankheitserregern kontrolliert.

[Bakó-Biró et al. 2012] kommen zu vergleichbaren Ergebnissen. Sie untersuchten den Einfluss der Raumlüftungsrate auf Schüler im Alter von 9-10 Jahren an insgesamt acht Grundschulen. Auch in dieser Untersuchung war die *Leistungsfähigkeit* der Schüler bei experimentell erhöhten Lüftungsraten (5,1 bis 9,6 l/s/Person, 500 < CO₂ (ppm) < 1500) verbessert und bei experimentell verringerten Lüftungsraten (0,6 bis 4,0 l/s/Person, 1500 < CO₂ (ppm) < 5000) verschlechtert (Arbeitsgeschwindigkeit, Aufmerksamkeit, Genauigkeit). Inwiefern diese Ergebnisse einer potenziellen, toxischen Wirkung erhöhter CO₂-Konzentrationen zuzuordnen ist oder einer allgemein verschlechterten Luftqualität (die durch erhöhte CO₂-Konzentrationen lediglich ihren Ausdruck findet) lassen die Autoren ausdrücklich offen.

[Sayers et al. 1987] untersuchten die Wirkung massiv erhöhter CO₂-Konzentrationen (in Stufen zwischen 45000 und 75000 ppm) auf 10 gesunde Versuchspersonen bei einer Expositionszeit von jeweils 20 Minuten (an unterschiedlichen Tagen). Zusätzlich untersuchten sie die Auswirkung einer CO₂-Konzentration von 65000 ppm während einer Exposition von 80 Minuten auf 21 gesunde Versuchspersonen. Die Auswirkungen auf die kognitive Leistung wurden anhand von Verständnistests (z.B. einfache Subtraktionen oder logische Fragen) und anhand von Gedächtnistests (z.B. Anzahl der kurzzeitig memorierbaren Ziffern) überprüft. In der ersten Versuchsreihe wurden bereits nach fünfminütiger Expositionszeit Einschränkungen der *Geschwindigkeit*, mit der die Verständnistests beantwortet wurden, festgestellt, die sich innerhalb der Restzeit des Versuchs nicht mehr veränderten. Signifikanz im Vergleich zum Ausgangstest („0“ ppm) erreichten dabei die Tests bei 65000 und 75000 ppm, unterhalb dieser Konzentrationen waren die Unterschiede nicht signifikant. Weder die Gedächtnistests noch die Qualität der Antworten auf die Verständnistests litten signifikant unter erhöhten CO₂-Konzentrationen. Die zweite Versuchsreihe bei einer Konzentration von 65000 ppm bestätigte weitestgehend die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe: Die Bearbeitungszeit für die Verständnistests stieg unmittelbar nach Expositionsbeginn an, um dann für den Rest der Versuchszeit weitestgehend konstant zu bleiben. Die Unterschiede im Vergleich zum durchgeführten Kontrollexperiment („0“ ppm) waren für alle Testzeitpunkte (10, 40 und 70 Minuten) signifikant. Qualitätseinbußen der Antworten waren auch hier nicht zu verzeichnen.

Auf die Untersuchung von [Shendell et al. 2004] wurde bereits in Abschnitt 5.4.3.6.4.B auf Seite 255 hingewiesen. Mit erhöhten Kohlendioxid-Konzentrationen korrelierte in ihren Untersuchungen eine erhöhte Abwesenheit der Schüler, was sie jedoch nicht direkt mit dem Kohlendioxidgehalt der Luft in Zusammenhang brachten, sondern mit dem Anstieg von *Krankheitserregern* bei geringerer Lüftungsrate. Auch auf die Ergebnisse von [Myhrvold et al. 1996] wurde dort bereits eingegangen, die Hinweise auf eine verringerte *Leistungsfähigkeit* bei erhöhten CO₂-Konzentrationen fanden, jedoch dabei nicht auf die Konzentrationen anderer Gase kontrollierten.

Das Bild, das von diesen Untersuchungen gezeichnet wird ist mehrdeutig. Zum einen scheint es - auch in Zusammenhang mit den Untersuchungen, die bereits unter Abschnitt 5.4.3.6.4.B auf Seite 255 dargestellt wurden - recht eindeutig zu sein, dass Kohlendioxid als solches keine Rolle bei der Wahrnehmung und Bewertung der Raumlufthqualität spielt - weder unter dem Aspekt der Behaglichkeit noch unter dem Aspekt der

Tätigkeitsdurchführung. Andererseits kovariieren Einschränkungen der kognitiven Leistung, des Behaglichkeitsempfindens und möglicherweise sogar der Gesundheit mit dem Anstieg von Kohlendioxid in der Raumluft. Eine kausale Zuordnung dieser Einschränkungen zu eingrenzbaren Luftbestandteilen ist jedoch auf der Basis der gesichteten Literatur nicht möglich. Dass diese kausale Zuordnung zu bestimmten Luftbestandteilen generell bisher nicht möglich ist, zeigt der relative Mangel an „dose-response“-Untersuchungen, welche die Konzentration eines isolierten, im Innenraum typischerweise auftretenden Stoffes ins Verhältnis zu den kognitiven Auswirkungen setzen würden (vergleichbar mit z.B. [Sayers et al. 1987]). Eine solche spezifische Zuordnungsmöglichkeit wäre allerdings für die Ziele dieser Arbeit ohne Zweifel wünschenswert.

5.4.3.8.2 Das Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente

Das Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente ist eine direkte Folge des Bedürfnisses nach Ausführung der entsprechenden funktionalen Aktivität. Eine konkrete Konzeptualisierung dieses Bedürfnisses, die über die BS-theoretische Betrachtung funktionaler Aktivitäten als Teil des BS-Programms (siehe Abschnitt 5.3.1.2.4 auf Seite 204) hinausgeht, konnte nicht identifiziert werden. Darüber hinaus liegen vergleichsweise wenig empirische Daten vor, die relevante objektive Merkmale in eine Beziehung zu der subjektiv empfundenen Bedrohung dieses Bedürfnisses setzen. Die Ausnahme davon stellt die in der neueren Vergangenheit relativ gut untersuchte Vermeidung von Blendung bei der Verwendung reflektierender Oberflächen, wie z.B. Bildschirmen, dar, die nachfolgend geschildert wird.

Dreht der im obigen Beispiel in Abschnitt 5.4.3.8.1.B auf Seite 296 beschriebene Nutzer eines Monitors seinen Arbeitsplatz so lange, bis er das Fenster zunehmend im Rücken hat, so ist die Monitoroberfläche in Richtung des Fensters ausgerichtet und die helle Oberfläche des Fensters kann sich auf der Monitoroberfläche spiegeln. Reflexionen von Lichtquellen auf spiegelnden Oberflächen werden *Schleierreflexionen* genannt, wenn sie die Sichtbarkeit des Objektes hinter der spiegelnden Oberfläche herabsetzen. Dazu zählen nicht nur Monitoroberflächen, sondern z.B. auch glänzende Drucke, Vitrinen und ihre Verglasung, Dokumente in Klarsichtfolien oder Brillengläser. Die Schleierreflexionen rufen eine Kontrastminderung hervor, die durch den Kontrastwiedergabefaktor CRF beschrieben wird. Dieser setzt den Kontrast ohne Schleierreflexion ins Verhältnis zum Kontrast mit Schleierreflexion ([Baer 1996]). Dabei werden CRF-Werte von 0,9 als sehr gut und von 0,7 als mäßig eingestuft. Höhere Leuchtdichten des Monitors, entspiegelte Vitrinengläser oder matte Ausdrücke verbessern den Kontrast und erhöhen damit die Sichtbarkeit. Im Sinne dieser Arbeit zählen diese Eigenschaften solcher funktionalen Ausstattungselemente zu den funktionalen Leistungsmerkmalen (siehe Abschnitt 4.3.4.7.2 auf Seite 88).

[Sutter et al. 2006] haben hierzu eine aussagekräftige Feldstudie durchgeführt. Sie haben überprüft, welche Reflexionsleuchtdichte sich die Nutzer eines Büroraums auf dem Monitor durch die Bedienung des Sonnenschutzes einstellten. Dabei unterschieden sie Monitore unterschiedlicher Qualität, d.h. mit einer Eigenleuchtdichte von $L_M < 35 \text{ cd/m}^2$ („bad“), einer Leuchtdichte von $35 - 60 \text{ cd/m}^2$ („standard“) und einer Leuchtdichte von $> 60 \text{ cd/m}^2$ („good“). Dabei zeigte sich z.B., dass für die Reflexionsleuchtdichte im Wesentlichen Werte unterhalb von 20 cd/m^2 gewählt wurden. Im Kontext dieser Arbeit ist jedoch noch interessanter, dass die eingestellte Reflexionsleuchtdichte von der Qualität des Monitors abhing: Deutlich ist an Abbildung 87 zu erkennen, dass für geringe Eigenleuchtdichten des Monitors auch geringe Reflexionsleuchtdichten eingestellt wurden. Das Leistungsmerkmal „Monitorleuchtdichte“ bestimmte also, unter welchen Bedingungen die Störungskorrekturhandlung „Lichtintensität durch Herablassen des Sonnenschutzes senken“ ausgeführt wurde, um das Bedürfnis „Erhalt der

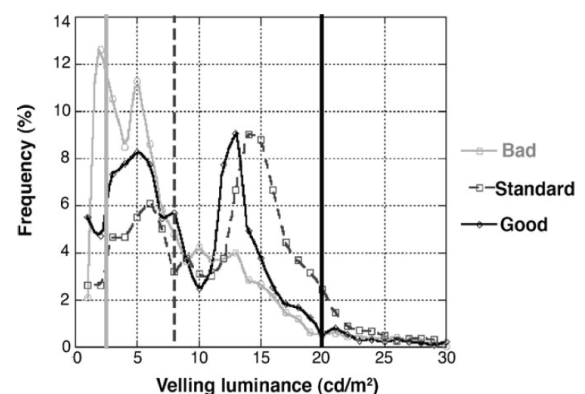


Abbildung 87

Häufigkeitsverteilung der Leuchtdichte, die sich Nutzer unterschiedlich hochwertiger Monitore auf der Monitoroberfläche durch Bedienung des Sonnenschutzes einstellen. Das Integral jeder der drei Kurven ergibt jeweils 100 %, Quelle: [Sutter et al. 2006].

Funktionalität“ zu befriedigen. Dass die Durchführung dieser Störungskorrekturhandlung Folgen für die Raumtemperatur und die Helligkeit des Raums hat und damit den Energiebedarf des Gebäudes mitbestimmt, liegt auf der Hand.

5.4.3.8.3 *Das Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes und seiner Bestandteile*

In Abschnitt 5.3.1 auf Seite 197 über die Theorie der Ökologischen Psychologie von Barker wurde u.a. erläutert, dass Behavior Settings für das Individuum eine Art Gelegenheitsstruktur zur Durchführung programm-gemäßer funktionaler Aktivitäten darstellt. Die Teilnahme an einem Behavior Setting setzt demnach beim Individuum ein Mindestmaß an Identifikation mit den Zielen und den Ressourcen des Behavior Setting voraus. Das impliziert, dass das Individuum auch am (dauerhaften) Fortbestand des Behavior Settings interessiert ist und selber - in Abhängigkeit seiner Position innerhalb des BS, also seiner Penetrationstiefe - für diesen Fortbestand mit Sorge trägt. Diese Identifikation und dieses Interesse äußern sich einerseits in dem Bedürfnis, die Funktionalität des Behavior Settings und seiner Ausstattungselemente aufrechtzuerhalten. Andererseits liegt jedoch auch die Vermutung nahe, dass BS-Teilnehmer dadurch die Ausstattungselemente - die ja ein Teil des BS-Milieus und somit konstituierende Bestandteile des Behavior Settings sind - pflegt und schützt. Dies findet in dem Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes und seiner Bestandteile Ausdruck.

Das Maß der hier aus BS-theoretischer Sicht erforderlichen Identifikation des BS-Teilnehmers mit den Ressourcen lässt sich - mit Bezug auf das Gebäude und seine Bestandteile - mithilfe der Kategorien der Territorialitätstheorie einordnen (siehe Abschnitt 5.4.3.7.1 auf Seite 292). Es ist eine naheliegende Vermutung, dass das Maß, mit dem das Individuum Sorge für den milieuseitigen Teil des Behavior Settings trägt, mit dem Maß seiner Aneignung des Raums - im Sinne von in Besitz nehmen und Personalisieren - zusammenhängt. Daraus würde folgen, dass das Bedürfnis, das Milieu schadenfrei zu erhalten, steigt, je eher der Raum als primäres Territorium angesehen wird und sinkt, je mehr es sich um öffentliches Territorium handelt.

Das Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes und seiner Bestandteile ist seinem Wesen nach dem Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente eng verwandt. Der charakterisierende Unterschied besteht darin, dass sich das Bedürfnis nach Schadenfreiheit auf funktional-supplementäre Elemente und dass sich das Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität auf funktional-essenzielle Elemente des Gebäudes bezieht.

5.4.4 Aufbau des Handlungsplans

5.4.4.1 Das Wissen über die Zusammenhänge zwischen den objektiven Merkmalen der Umwelt und der subjektiven Wahrnehmung dieser Merkmale

In dem zurückliegenden Abschnitt 5.4.3 wurden systematisch die Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse dargestellt, die dem Individuum Informationen über die „Bedrohungslage“ seiner Bedürfnisse liefern. Dafür wurde auf jene Kategorialbereiche und Interrelationen zurückgegriffen, aus denen sich in der Realitätsanalyse die individuellen Bedürfnisse hatten ableiten lassen. Alle diese Theorien, die diese Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse zu beschreiben versuchen, folgen dabei dem Prinzip, die objektiven Merkmale der Umwelt durch rechnerische Transformation auf eine psychologische Dimension zu überführen.

Eine Voraussetzung für die Definition eines Handlungsziels (ZD) ist nun, dass das Individuum über ein ausreichendes, bewusstes Wissen über den Zusammenhang zwischen den objektiven Merkmalen der Umwelt einerseits und der subjektiven Empfindung dieser Merkmale andererseits verfügt. So weiß der durchschnittliche Nutzer z.B., ob der Anstieg der Temperatur zu einer Verbesserung seiner Behaglichkeit oder das Schließen des Fensters zu einem Anstieg seines Sicherheitsgefühls führen würde oder nicht. Dieses Wissen wird beim Handelnden - in seinen qualitativen Grundzügen - im Rahmen dieser Arbeit vorausgesetzt. Das Wissen wird allerdings voraussichtlich nicht im numerischen Sinne exakt sein, sondern lediglich Informationen über die qualitativen Zusammenhänge beinhaltet. Daraus folgt, dass das Individuum vermutlich keine Aussage z.B. darüber treffen kann, um *wie viel* Grad die Temperatur exakt zu ändern wäre, um eine für ihn optimale Behaglichkeit zu erzielen. Diese hier geschilderte Annahme ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Realitätsanalyse (siehe Abschnitt 4.3.7.5.2 auf Seite 130). Auch an anderer Stelle der Realitätsanalyse wurde ein vergleichbares, qualitatives, „semi-quantitatives“ Verständnis des Individuums von seiner Umwelt bereits festgestellt (siehe z.B. Abschnitt 4.3.5.3.2 auf Seite 99).

Dieses Wissen ist also eine notwendige Voraussetzung für das Individuum, damit es gezielte Manipulationen seiner Umwelt planen, durchführen und mental begleiten kann. Da das Individuum i.d.R. jedoch nicht in der Lage ist, die Veränderung der bedürfnisrelevanten, objektiven Merkmale der Umwelt direkt, sozusagen durch mentale Kraft, durchzuführen, ist dieses Wissen nicht hinreichend. Zusätzlich benötigt der Handelnde Wissen bezüglich der Operationen, die zu dieser Veränderung führen. Darauf wird nachfolgend eingegangen.

5.4.4.2 Das Wissen über die Zusammenhänge zwischen Operation und Operationsergebnis vor dem Hintergrund der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Umgebungsbedingungen“ und „Gebäude“

Die Entwicklung des Handlungsraumkonzepts (siehe Abschnitt 5.4.1.4.2 auf Seite 224) setzt die Fähigkeit zur Antizipation eines (objektiven) Zielzustandes voraus. Dies schließt ein, dass sowohl die Konsequenzen einer Operation als auch die Konsequenzen von Passivität (einer „Nichtoperation“) mit einer Validität vorhergesagt werden können, die über eine Zufallswahrscheinlichkeit hinausgeht. Gleiches gilt für die Prognose zukünftiger Zustände, die im Rahmen der Realitätsanalyse als Startpunkt von Handlungsprozessen im Sinne von Vermeidungsaktivitäten identifiziert wurde (Abschnitt 4.3.11.1.2 auf Seite 168, z.B. das Vorhersehen unbehaglich warmer Raumtemperaturen für den nächsten Tag und die Konsequenz daraus, das Fenster über Nacht zu öffnen).

Die Analyse der Realitätserzählung förderte zahlreiche Beispiele für derartiges Prozesswissen zutage (siehe auch Abschnitt 4.3.6.9 auf Seite 114). Hierzu zählen vor allem:

- *Wissen über die charakteristischen Abläufe von Umgebungsbedingungs-Intensitäten, insbesondere Eigenschaften wie die Dauer, die Häufigkeit und die Art der Regelmäßigkeit (z.B. periodisch oder stochastisch), siehe Abbildung 11 auf Seite 82,*
- *Wissen über die Wechselwirkung zwischen den Eigenschaften des Gebäudes und den Umgebungsbedingungen im Innenraum, speziell die spezifische Übertragungsquantität der regulativen Ausstattungselemente, die spezifischen Speicher- und Reflexionsquantitäten der Materialien oder die Energie- und Materieemissionen der ver-*

schiedenen Bestandteile des Gebäudes, siehe Abbildung 20 auf Seite 110. Diese quantitativen Merkmale von Übertragung, Speicherung und Reflexion sind sowohl von den Eigenschaften des Gebäudes als auch von der Art und Intensität der vorliegenden Umgebungsbedingungen abhängig, siehe z.B. Abbildung 14 und Abbildung 15 auf Seite 99.

Die begründete Vermutung, dass diese Art des Wissens beim handelnden Individuum vorliegt, ergibt sich also aus der Analyse der Realitätserzählung, die ja für diese Arbeit die Analysegrundlage bildet. Diese Vermutung ist jedoch darüber hinaus in (zumindest grundsätzlicher) Übereinstimmung mit einem sehr frühen und wegweisenden kognitiven Modell des Lernens von [Bolles 1972]. Nach der Lerntheorie von Bolles lernen Lebewesen primär die Erwartung einer regelhaften Ordnung von Abläufen. Diese Aussage lässt sich präzisierend in Lerngesetze fassen. Das *primäre* Gesetz des Lernens besagt, dass Lebewesen die Kontingenz zwischen verschiedenen Ereignissen in der Umwelt lernen („certain events, cues (S), predict certain other, biologically important events, consequences (S*)“, [Bolles 1972], S. 402), während das *sekundäre* Gesetz besagt, dass Lebewesen darüber hinaus die Kontingenz zwischen den eigenen Handlungen und deren Folgen lernen („animals can learn R-S* expectancies that represent and correspond to the R-S* contingencies in their environment“, [Bolles 1972], S. 403). „S“ stellt dabei einen Stimulus oder eine bestimmte Situation, R das Verhalten des Lebewesens und S* die Folge (entweder von S oder R) dar. Beide Gesetze können logisch zum *Gesetz der Ausföhrung* verknüpft werden, aus dem folgt, dass sobald S vorliegt - aus dem ein spezifisches S* folgen wird - das Lebewesen R durchföhrt - aus dem ein (anderes) spezifisches S* folgen wird. Mit dem Vorliegen von S steigt also die Wahrscheinlichkeit von R.

Vor dem Hintergrund dieses grundsätzlichen Wissens über die Zusammenhänge zwischen Operation und Ergebnis muss der Handelnde zusätzlich Klarheit darüber erlangen, welche konkreten Operationen ihm in der aktuellen Situation zur Verfügung stehen. Die Wahrnehmung und Bewertung dieser Operationsmöglichkeiten werden im nachfolgenden Abschnitt dargestellt.

5.4.4.3 Wahrnehmung und Bewertung der Operationsangebote und -beschränkungen vor dem Hintergrund der Interrelationen zwischen den Kategorialbereichen „Individuum“ und „Gebäude“

5.4.4.3.1 Affordanz

Der Begriff der „Affordanz“ - als Übersetzung des englischen Begriffs „affordance“ - geht auf J.J. Gibson zurück. Gibson entwickelte eine Ökologische Wahrnehmungspsychologie (siehe Ökologische Psychologie von Barker, Abschnitt 5.3.1 auf Seite 197), die insbesondere in der Ökologischen Optik Ausdruck fand ([Gibson 1979]). Seine umstrittene Theorie der *direkten Wahrnehmung* steht im Gegensatz zur Theorie der konstruktivistischen Wahrnehmung. Letztere geht immer davon aus, dass Wahrnehmung mentale Verarbeitungsprozesse erfordert (siehe 5.4.3.1 auf Seite 231), um der Empfindung der Umwelt Bedeutung zu geben. Gibson hingegen ging davon aus, dass die Wahrnehmung nicht durch innere Prozesse, sondern von außen determiniert ist. Diese äußeren Informationen enthalten bereits an sich Bedeutung und diese wird durch den Wahrnehmenden unmittelbar aus der Umwelt aufgegriffen, ohne dass kognitive Prozesse zur Interpretation erforderlich sind („*information pickup*“, [Hellbrück & Fischer 1999]).

Nach Gibsons Ansicht ist es nicht möglich, allgemeine Wahrnehmungstheorien in Laborumgebungen, also unter künstlichen Bedingungen, zu entwickeln. Stattdessen müsse man Wahrnehmung dort untersuchen, wo sie stattfindet, also im Alltagserleben und -handeln mit ihrem vielfältigen und reichen Informationsangebot. Diese ökologische Perspektive, die das einzelne Erleben stets in einem größeren, vernetzenden Kontext betrachtet, teilt er demnach mit [Barker 1968]. Dem transaktionalen Charakter der ökologischen Perspektive entsprechend, ist der Wahrnehmende aus Gibsons Sicht kein passiver Rezipient von Reizen sondern ein aktiver Beobachter. Dabei verhalten sich Handeln und Wahrnehmen reziprok und komplementär zueinander, d.h. das Handeln beeinflusst die Wahrnehmung während die Wahrnehmung im Gegenzug wiederum das Handeln mitbestimmt. Dieses „Aktivsein“ drückt sich insbesondere durch die relative Bewegung des Wahrnehmenden aus, durch welche das retinale Abbild der Umwelt einer ständigen Dynamik unterworfen ist. Dabei spielt es keine substantielle

Rolle, ob es sich um eine Eigenbewegung des Individuums, eine bloße Augenbewegung oder die Bewegung der Umwelt handelt. Bei den äußeren Informationen - also dem, was Gibson als elementar für die Wahrnehmung ansieht - handelt es sich dann vornehmlich um die *Invarianten* der Umwelt, die innerhalb des sich ändernden retinalen Abbildes bestehen bleiben. Mit diesen Invarianten sind primär Struktureigenschaften der Umwelt gemeint, die sich trotz der Dynamik des retinalen Abbildes eben nicht verändern und unmittelbar, d.h. ohne kognitive Zwischenprozesse, wahrgenommen werden ([Hagendorf et al. 2011]).

[Gibson 1979] sah im Wesentlichen vier dynamische Bedingungen, unter denen Invarianten beobachtbar sind: Unter wechselnder Beleuchtung, wechselnder Position des Betrachters, bei „schweifendem Blick“ des Betrachters und bei Deformationen des Betrachtungsobjekts. So lassen sich z.B. Gegenstände auch bei unterschiedlichen Beleuchtungsintensitäten, Lichteinfallswinkeln und unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung des Lichts als das erkennen was sie sind. Dies führt Gibson auf konstante Verhältniswerte der Leuchtdichte und Farbe der unterschiedlichen Oberflächen zurück. Ein Lächeln, Wellen auf dem Meer oder die Verformung eines Balls beim Auftreffen auf einer Oberfläche stellen „Deformationen“ des Betrachtungsgegenstands dar, ohne dass die Erkennbarkeit darunter leidet.

Ein weiteres, plastisches und daher häufig angeführtes Beispiel für Invarianten und die daran gekoppelte Wahrnehmung ist die Größenkonstanz von Gegenständen in unterschiedlicher Entfernung. Zwar verkleinert sich das retinale Abbild eines Telefonmastes in größerer Entfernung, gleichzeitig verfeinert sich mit der Entfernung jedoch auch die Textur des Bodens, auf dem dieser Telefonmast steht. Das Verhältnis von Telefonmastgröße und Texturfeinheit ist also invariant, was zur Wahrnehmung einer konstanten Größe des Telefonmastes führt ([Hellbrück & Fischer 1999]).

Mit der Entwicklung des Affordanz-Begriffs hat Gibson vermutlich versucht, eine Verknüpfung zwischen seiner Wahrnehmungstheorie und Handlungs- und Motivationstheorien zu erschaffen ([Kaminski 2010]). Affordanz - bzw. „affordance“ - ist ein Kunstwort, dessen Bedeutung sich am ehesten mit „Angebot“ beschreiben lässt. Die durch das Individuum direkt wahrgenommenen Oberflächen seiner Umwelt stellen nach Gibsons Theorie also Handlungsangebote zur Verfügung. Eine horizontale, flache, ausgedehnte und feste Oberfläche „affords support“, sie ist „stand-on-able“, „run-on-able“, jedoch nicht „sink-into-able“. Eine Wasserfläche hingegen ist „sink-into-able“, für einen Menschen, jedoch nicht für einen Wasserfloh (der darauf laufen kann). Ein wichtiges Merkmal der Affordanz ist also offenbar, dass sie nur *relativ zu den Fähigkeiten und Eigenschaften* des handelnden Wesens Bedeutung erfährt. Affordanz kann also nicht so wie in der Physik gemessen werden ([Gibson 1979]).

Diese Feststellung ist typisch für die transaktionale Sichtweise in der Ökologischen Psychologie. Die Alltagswelt bietet zahlreiche Beispiele hierfür: Ein Stuhl hat die Affordanz zum Sitzen, er ist „sit-on-able“. Dies gilt jedoch nur dann, wenn die Sitzfläche etwa kniehoch ist. Für ein Kleinkind und einen Erwachsenen gelten also, aufgrund der unterschiedlichen Körpergröße, andere Bedingungen, sodass der Stuhl für den erwachsenen Menschen eine Affordanz zum Sitzen aufweist, für das Kleinkind jedoch möglicherweise nicht. Diese Betrachtungsweise lässt sich sicherlich auf die Ausstattungselemente des Gebäudes übertragen: Ein Fenster lädt zum Öffnen ein, jedoch nur dann, wenn die Eigenschaften des Fensters auf die Fähigkeiten des Nutzers abgestimmt sind. So mag die Affordanz auch in diesem Fall für den Erwachsenen eine andere sein als für das kleinere Kind.

Dieser Aspekt wurde in der Analyse der Realitätserzählung unter dem Begriff der „Handhabbarkeit“ diskutiert (z.B. Abschnitt 4.3.8.3.2 auf Seite 135). „Handhabbarkeit“ ergab sich dabei aus der gemeinsamen Betrachtung des objektiven, körperlichen Aufwands, der für die Bedienung eines Ausstattungselementes zu betreiben ist (z.B. sich vom Stuhl erheben, zur Fassade gehen, an den Griff gelangen, usw.), und der körperlichen Kompetenz des Handelnden (z.B. seine Gehfähigkeiten, seine Größe und Kraft). Die Aussagen der Affordanz-Theorie lassen sich in diesem Kontext so interpretieren, dass ein Ausstattungselement, dessen Handhabbarkeit für ein Individuum gering ist, durch das Individuum nicht als potenzielles Handlungsmittel *wahrgenommen* wird. Dieses Element bietet sich in diesem Fall nicht an und lädt nicht zum Handeln ein. Trifft dies zu, so hat dies auch Auswirkungen auf die Wahl, die ein Nutzer unter verschiedenen Ausstattungselementen trifft: Er

bezieht nur jene in seine Handlungsplanung ein, die aus seiner Sicht eine Affordanz aufweisen (siehe auch Abschnitt 4.3.8.6 auf Seite 138 über die Präferenzen eines Individuums mit Bezug auf die Nutzung von Ausstattungselementen).

Bei dieser Betrachtung muss also immer beachtet werden, dass sich Affordanz nur durch die gemeinsame Betrachtung von Handelndem und Umwelt beschreiben lässt. [Gibson 1979] drückt es so aus: „An affordance cuts across the dichotomy of subjective-objective and helps us understand its inadequacy. It is equally a fact of the environment and a fact of behavior. It is both physical and psychical, yet neither. An affordance points both ways, to the environment and to the observer.“ Er geht sogar so weit zu vermuten, dass es die Affordanz ist, die durch den Handelnden als Erstes wahrgenommen wird, nicht die physikalischen Qualitäten des Objekts als solches (wie Form, Masse, Elastizität, Größe, Textur oder Farbe): „The meaning is observed before the substance and surface, the color and form, are seen as such“.

Das Affordanz-Konzept bleibt jedoch bei Gibson an vielen Stellen sehr vage. Es stellt sich z.B. die Frage, ob Affordanz neben den strukturellen Eigenschaften der Umwelt und den Kompetenzen des Handelnden nicht ebenfalls die *Motivation* des Individuums berücksichtigen sollte. Nur so ließe sich erklären, dass das Individuum durch die zahlreichen Handlungsangebote seiner Umwelt nicht permanent überfrachtet ist. Durch diese Betrachtungsweise würde das Affordanzkonzept größere Ähnlichkeit mit dem Begriff der *Valenz* in der Feldtheorie Lewins erhalten. In Lewins Theorie verfügen Objekte über eine Valenz bzw. einen Aufforderungscharakter. Objekte, die potenziell der Befriedigung eines aktuellen Bedürfnisses dienen, gewinnen höhere Valenz und stechen somit aus der Masse der anderen, aktuell nicht relevanten, Objekte heraus. Der Anstieg der Valenz führt in der Konsequenz zu einer erhöhten Wahrnehmbarkeit des Objektes, der Aufmerksamkeitsfokus richtet sich schneller und einfacher auf sie ([Beckmann & Heckhausen 2010]). Tatsächlich grenzt Gibson das Konzept der Affordanz jedoch genau an dieser Stelle von den Theorien Lewins (oder auch der Gestaltpsychologie) ab: „The affordance of something does not change as the need of the observer changes. The observer may or may not perceive or attend to the affordance, according to his needs, but the affordance, being invariant, is always there to be perceived“ ([Gibson 1979], S.138/139). Und weiter: „The perception of its affordance should therefore not be confused with the temporary special attraction it may have.“

Eine andere grundsätzliche Frage betrifft die Abgrenzung der Affordanz und der direkten Wahrnehmung von der Erfahrung eines Individuums mit dem Umgang eines Objekts. Die Vermutung liegt nahe, dass die *Funktion* eines Ausstattungselements, selbst wenn dieses Element hinsichtlich seiner Affordanz nicht eindeutig ist, dem Nutzer nach einer mehr oder weniger langen Erfahrungszeit bekannt ist. Dieser Rückgriff auf Erfahrung spielt bei der direkten Wahrnehmung, die ja nach Gibson ohne kognitive Prozesse auskommt, keine Rolle. Demnach könnte das Affordanz-Konzept insbesondere dort Anwendung finden, wo solche Rückgriffe auf konkrete Erfahrungen eher ausgeschlossen sind. Dies könnte z.B. bei öffentlichen Gebäuden oder Hotels der Fall sein, also dort, wo das Individuum über keine konkreten Erfahrungen mit den konkreten Eigenschaften der dort verwendeten Ausstattungselemente verfügt. Bei der hier in dieser Arbeit gewählten Zuspitzung auf Einzel-Büroarbeitsplätze trifft diese Bedingung allerdings nicht zu, da in diesem Fall immer die Erfahrung des Nutzers vorausgesetzt wird (es sei denn, die Gebäudesimulation hat zum Ziel, die Phase der „Neubesetzung“ abzubilden, während der eben noch keine spezifischen Erfahrungen des Nutzers mit dem Gebäude vorliegen, siehe Abschnitt 5.3.2.1.2 auf Seite 208, speziell mit Bezug auf die Beiträge von [Wicker 1987]). Dennoch muss das Affordanz-Konzept hier nicht restriktiv ausgeschlossen werden. Affordanz kann sicherlich als dimensionale und muss nicht ausschließlich als dichotome Größe aufgefasst werden. D.h., Affordanz kann auch graduell, nicht nur absolut, auftreten. Ein geringerer Grad an Affordanz - entsprechend einer „unschärferen“ Wahrnehmung seiner Funktion - entspräche dann einer verringerten, wahrgenommenen *Handhabbarkeit* (z.B. ein Stuhl, der eigentlich zu hoch ist, um sich daraufzusetzen).

Affordanz hat entsprechend im Produktdesign, forciert durch [Norman 2002], eine bedeutsame Rolle eingenommen. Der Anspruch besteht darin, Produkte so zu gestalten, dass der Nutzer deren Funktionsweise durch bloßes Hinsehen - und eben auch ohne Erfahrung - unzweideutig erfassen kann. So kann der Umgang mit diesen Produkten gesteuert werden, ohne auf verbale oder grafische Instruktionen zurückgreifen zu müssen (vgl. auch

Abschnitt 5.4.4.3.4 auf Seite 308 über räumliche Orientierung: Eine architektonische Informationen in Form einer eindeutigen Eingangssituation kann auch als Affordanz des Eingangs zum Eintreten in das Gebäude verstanden werden). [Norman 2002] führt hierfür einige Beispiele an, die auch im Rahmen des hier untersuchten Problemfelds relevant sind. So verweist er auf Türgriffe, die nicht eindeutig anzeigen, in welche Richtung und auf welcher Seite die Tür geöffnet werden muss (ein Aspekt, der bei Paniktüren offensichtlich besonders bedeutend ist). Vergleichbare Probleme beschreibt er für Lichtschalter, deren Position und deren Bezug zu den Lampen des Raums nicht eindeutig ist.

Eine erhebliche Schwierigkeit besteht, wenn man das Affordanz-Konzept, in seiner von Gibson gedachten Form, konkret an eine handlungstheoretische Artikulation anbinden möchte. Anhand des Frühstücksbeispiels verdeutlicht [Kaminski 2010] die Problematik, die umso augenscheinlicher wird, je komplexer die betrachteten Handlungen ausfallen: „Sich hinsetzen“ ist ein typisches Beispiel für die Affordanz eines Stuhls. Dieser Stuhl ist „sit-on-able“ und lädt zum Sitzen ein. Im Rahmen des Frühstücks stellt die einfache Handlung des „Hinsetzens“ jedoch nur eine Unter-Handlung der Gesamthandlung „Frühstücken“ dar. Existiert nun eine „breakfast-ability“ für diese Gesamthandlung und besteht eine Affordanz dafür? Existieren für die zahlreichen Unter-Handlungen, wie z.B. das Kochen des Tees oder das Zubereiten des Müslis, eigene Affordanzen und wie verhalten sich diese Affordanzen relativ zu der potenziellen Gesamtaffordanz der Frühstückshandlung? Diese Bemerkungen laufen auf die Frage hinaus, wie das Affordanz-Konzept in die strukturelle und funktionale Ebenenaufteilung des hierarchisch organisierten Handlungsprozesses integriert werden kann (Abschnitt 5.4.1.4 auf Seite 222). Ist es erforderlich, angemessen bzw. überhaupt möglich, Affordanz (also Handlungsangebote) ähnlich zu hierarchisieren wie Handlungsprozesse? Falls das erstrebenswert ist, nach welchen Prinzipien greifen die über- und untergeordneten Affordanzen dann vertikal ineinander? Oder ist es sinnvoll, Affordanz auf einer einzigen, ausgewählten Ebene des Handlungsprozesses anzusiedeln? Am Beispiel der Handlung „Fenster öffnen“: Besteht durch das Fenster eine Affordanz zu *lüften*? Oder besteht eher eine Affordanz für das *Öffnen* des Fensters? Geht, sobald man vor dem Fenster steht, eine Affordanz von dem Fenstergriff aus, gedreht zu werden? Oder von dem Fensterflügel, auf Kipp gestellt zu werden? Diese Fragen lassen sich auf der Basis des ursprünglichen Affordanz-Konzeptes von Gibson nicht beantworten.

Das Konzept der Affordanz ist einerseits kritisch beurteilt worden (z.B. durch [Fodor & Pylyshyn 1981]) andererseits jedoch auch erweitert und auf neue Gebiete, wie z.B. auf soziale Wahrnehmung und Interaktion ([Valenti & Good 1991]) angewandt worden.

5.4.4.3.2 Synomorphie und Kongruenz zwischen Handelndem und Umwelt

Der Begriff der Verhaltens-Milieu-Synomorphie wurde durch [Barker 1968] eingeführt, um die strukturelle Passung zwischen Verhalten und Milieu als eine grundlegende Bedingung des transaktionalen Geschehens zu benennen (siehe Abschnitt 5.3.1.1.3 auf Seite 198). Es handelte sich also zunächst um einen rein deskriptiven Begriff, der keine Qualität auf einer Güteskala beschreibt. Während also die Affordanz gewissermaßen die *wahrgenommene* Passung zwischen Milieu und Verhalten beschreibt, lässt sich durch den Begriff Synomorphie die tatsächliche, während der realen Handlung beobachtbare *sensomotorische* Passung beschreiben.

Synomorphie ist ohne Zweifel ein elementarer Begriff, der hilft, die in der Realitätsanalyse beschriebene und sowohl auf die Kleidung als auch die Ausstattungselemente bezogene „Handhabbarkeit“ zu konzeptualisieren (siehe Abschnitte 4.3.6.11.1.C auf Seite 116 und 4.3.8.3.2 auf Seite 135). Dies trifft allerdings nur zu, wenn der Begriff der Synomorphie entsprechend zu einem dimensionsbehafteten Begriff erweitert wird. Verschiedene Weiterentwicklungen dieses Begriffs - oder genereller des Begriffs „Person-Umwelt-Kongruenz“ - haben in der Vergangenheit auch tatsächlich stattgefunden. Sie lassen sich nach [Kaminski 2008] in folgende, für diese Arbeit interessante Richtungen gliedern:

- *Kongruenz wurde zu einer dimensional Variable weiterentwickelt, mit der das Maß beschrieben werden kann, mit dem das BS-Geschehen und die Umgebung zueinander passen. Dadurch kann Synomorphie auch als Evaluierungs- und Zielkriterium bei der Gestaltung der Umwelt genutzt werden.*

- *Kongruenz kann zwischen verschiedenen Aspekten von Person und Umwelt analysiert werden. Z.B. Handlungen, Einstellungen, Kompetenzen auf der Person-Seite und physische, sozialsystemare oder Programmmerkmale auf der Umweltseite.*
- *Kongruenz kann auf verschiedenen BS-Abstraktionsniveaus betrachtet werden, z.B. also am konkreten BS oder an BS-Genotypen.*
- *Es kann zwischen der beobachtbaren und der subjektiv erlebten Kongruenz unterschieden werden.*

Alle diese Weiterentwicklungen bergen Anwendungspotenzial für die Ziele dieser Arbeit. Insbesondere können Kongruenzbetrachtungen somit nicht nur mit Bezug auf die Nutzung der Ausstattungselemente, sondern z.B. auch in Bezug auf die Kongruenz zwischen den Umgebungsbedingungen im Innenraum einerseits und der Aktivität/ den Aktivitätsanforderungen aber auch den zur Verfügung gestellten Eingriffsmöglichkeiten andererseits erfolgen. Je ausreichender die Wünsche und Bedürfnisse beachtet und befriedigt werden, je deutlicher also die Kongruenz ausfällt, umso positiver fällt entsprechend auch die emotionale Reaktion darauf aus - und umgekehrt. Dies kann in der Folge zu Fragen der Kontrollierbarkeit des BS-Geschehens führen ([Kaminski 2008]).

Synomorphie (bzw. Kongruenz) wird also im Rahmen dieser Arbeit als dimensionsbehafteter Begriff betrachtet. Die Synomorphie kann demnach „besser“ oder „schlechter“ sein, allerdings immer in Bezug auf die Fähigkeiten des Handelnden. Ein Stuhl weist also für einen gesunden Erwachsenen ein hohes Maß und für ein kleines Kind ein entsprechend geringes Maß an Synomorphie zu seinen Bewegungen auf. Dennoch ist es für das Kind nicht unmöglich, den Stuhl zu benutzen, die individuell dafür zu mobilisierende Energie steigt jedoch. Ein hohes Maß an Synomorphie entspricht also einem hohen Maß an Handhabbarkeit.

5.4.4.3.3 Usability im Design

„Usability“ ist ein häufig im Produktdesign verwendeter Begriff, der als Gütemerkmal verwendet wird. Allerdings ist die Vereindeutigung des Begriffs und dessen inhaltliche Abgrenzung offenbar nicht einfach. [Norm DIN EN ISO 9241-11 1999] setzt „usability“ mit Gebrauchstauglichkeit gleich und gibt als Maßdimensionen Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung an. Die *Effektivität* setzt „die Ziele oder Teilziele des Benutzers ins Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der er diese Ziele erreichen kann.“ *Effizienz* hingegen setzt „den erreichten Grad der Effektivität ins Verhältnis zum Aufwand an Ressourcen.“ Die *Zufriedenstellung* beschreibt schließlich „das Ausmaß, in dem Benutzer von Beeinträchtigungen frei sind, und ihre Einstellungen zur Nutzung des Produkts.“ Die Gebrauchstauglichkeit eines Produkts steigt, je mehr die Ziele dieser Dimensionen erreicht werden. Allerdings wird eingeräumt, dass die Bedeutung dieser Maße von Nutzungskontext und -zweck abhängt. Es handelt sich demnach nicht um objektive, sondern um subjektive Maße. [Backhaus 2010] versteht unter „usability“ dementsprechend auch *Bedienbarkeit* und ordnet diese dem Überbegriff Gebrauchstauglichkeit unter. Neben der Bedienbarkeit lässt sich die Gebrauchstauglichkeit zusätzlich über objektive *Funktionalitätsparameter* wie Funktionsqualität, Funktionsvielfalt und Funktionsrelevanz beschreiben. Die Gebrauchstauglichkeit wird also in objektive und subjektive Parameter aufgeteilt. Allerdings fügt [Backhaus 2010] der Bedienbarkeit - neben den Dimensionen Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung - noch die Dimension Selbsterklärungsfähigkeit und Erlernbarkeit als Beschreibungsdimensionen zu. Auf diesen Dimensionen lässt sich der Aufwand beschreiben, der für nutzungsunerfahrene Benutzer erforderlich ist, um den Umgang mit dem Produkt zu erlernen. Mit Selbsterklärungsfähigkeit und Erlernbarkeit werden also Aspekte angesprochen, die dem Konzept der Affordanz sehr ähnlich sind. Die von [Backhaus 2010] angeführte Definition von „usability“ vereint somit Aspekte der Handhabbarkeit (Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung) und Teilaspekte der Affordanz in sich. Der Sinn einer solchen kategorialen Durchmischung ist allerdings fraglich.

Eine eindeutige Definition des Begriffs „usability“ ist auch bei [Norman 2002] nicht zu finden. Allerdings weist er auf verschiedene „design-principles“ hin, die dazu dienen, die „usability“ zu verbessern. Neben der bereits oben besprochenen Affordanz nennt er u.a. „conceptual models“, „mapping“ und „constraints“. Um ein Produkt angemessen verwenden zu können, benötigt der Nutzer eine Vorstellung von dessen Funktionsweise

und seinen relevanten Funktionszusammenhängen („conceptual model“). Als Beispiel vergleicht Norman die Funktionsweise eines Raumheizungsthermostats mit der Funktionsweise der Autoheizung. Da durch die Einstellung des *Heizungsthermostats* die Zieltemperatur im Raum geregelt werden kann - nicht jedoch die emittierte Wärmemenge - und durch die Einstellung der *Autoheizung* umgekehrt die emittierte Wärmemenge - nicht jedoch die Zieltemperatur - eingestellt wird, erfordern beide Regler eine unterschiedliche Bedienung. Da beide Regler jedoch auch vergleichsweise ähnlich sind, benötigt der Nutzer ein konzeptuelles Bild der Funktionsweise, um die Regler angemessen verwenden zu können. Die Relevanz solcher konzeptuellen Bilder zeigt sich z.B. durch eine Studie von [Lo et al. 2012]. Sie führten Interviews mit Arbeitnehmern in Bürogebäuden durch, um individuelle und organisatorische Determinanten des energierelevanten Verhaltens dieser Nutzer festzustellen. So berichteten einige Nutzer von ihrer Ansicht, dass das Thermostat der Heizung nicht bedient werden soll, da es nicht direkt sichtbar war. Außerdem waren viele Nutzer der Ansicht, dass häufiges An- und Ausschalten des Lichts mehr Energie verbrauchen würde, als wenn das Licht eingeschaltet bliebe.

Der zusätzlich von [Norman 2002] verwendete Begriff „mapping“ bezieht sich auf das Abbilden der Funktionsweise auf einfach aufzufassende Konzepte. So macht es beispielsweise Sinn, Lichtschalter entsprechend der Anordnung der Lampenreihen anzuordnen, sodass der Bezug zwischen Schalter (als Bedieneinheit) und Lampen (als Kernbauteil) einfach ist. Der Begriff „constraint“ kann hingegen als Gegenbegriff zur Affordanz aufgefasst werden. Durch „constraints“ werden Handlungsmöglichkeiten begrenzt oder sogar verhindert, sodass aus der sinnvollen Anwendung von „constraints“ eine effektive Leitung der Handlung in die erwünschte Richtung erfolgen kann. Eine Tür, die über keinen Griff zum Ziehen verfügt, muss aufgedrückt werden, zwei Puzzle-teile, deren Ränder nicht kongruent sind, können nicht verbunden werden und ein Fenstergriff, der sich nicht drehen lässt, muss gezogen oder gedrückt werden. Neben diesen physischen Einschränkungen unterscheidet [Norman 2002] zusätzlich semantische oder kulturelle Einschränkungen, denen jedoch im Kontext dieses Abschnitts keine wesentliche Bedeutung zukommt.

5.4.4.3.4 Räumliche Orientierung und räumliches Verhalten

In Abschnitt 4.3.8.1 auf Seite 133 wurde auf den Zusammenhang zwischen der Gebäudetopologie und den physischen Aktivitäten des Individuums in Form seiner räumlichen Bewegungen innerhalb des Gebäudes verwiesen. Darüber hinaus wurde auf den offensichtlichen Zusammenhang zwischen der Gebäudetopologie und den potenziellen Aufenthaltsorten des Individuums aufmerksam gemacht (Abschnitt 4.3.8.2 auf Seite 134). Mit diesen beiden Aspekten soll insbesondere darauf hingewiesen werden, dass ein physischer Aufwand erforderlich ist, um sich zwischen zwei Standorten innerhalb eines Gebäudes oder auch innerhalb eines Raums zu bewegen. Dieser physische Aufwand kann als Teil des Gesamtaufwandes betrachtet werden, der notwendig ist, um ein Ausstattungselement zu bedienen. Diesem Aspekt sind Fragen der räumlichen Orientierung und des räumlichen Verhaltens verwandt. Diese Fragen stehen zwar nicht im Zentrum der hier relevanten Thematik des physischen Aufwands, da sie jedoch in der Architekturpsychologie eine nicht unerhebliche Rolle spielen, soll hier eine kurze Darstellung in Anlehnung an [Flade 2008] und [Richter 2004] erfolgen.

Die Orientierung innerhalb der gebauten Umwelt erfolgt üblicherweise mittels drei unterschiedlicher Informationsarten: architektonische, grafische und verbale Informationen. Während grafische und verbale Informationen explizit dem einzigen Zweck der Orientierung dienen (z.B. Piktogramme, Informationsschalter), sollen architektonische Informationen durch die Gestaltung vermittelt werden (z.B. eine klar erkennbare Eingangssituation, eindeutige Wegführung). In diesem Zusammenhang spielt der psychologische Begriff der „kognitiven Karte“ eine erhebliche Rolle. Dieser Begriff wurde erstmals durch [Tolman 1948] gebraucht, um das mentale Abbild zu bezeichnen, dass sich Versuchsratten offenbar von einem Labyrinth gebildet hatten, an dessen einem Ende sie als Belohnung Futter vorfanden.

Für die räumliche Orientierung verwenden Individuen offenbar kognitive Karten, die jedoch nicht einfach als eine maßstabsgetreue Abbildung der Umgebung zu verstehen sind. [Flade 2008] verweist entsprechend darauf, dass diese Karten skizzenhaft und unvollständig sind, mit einzelnen Elementen und Teilbereichen, die hervorgehoben sind und anderen, die gar nicht auftauchen. Sie sind somit das Ergebnis der individuellen Wahrnehmung

der Umgebung. Dennoch können bestimmte Eigenschaften der Umwelt die allgemeine Lesbarkeit erhöhen. So führt Flade unter Rückgriff auf [Lynch 1960] das Auftreten von Landmarks (z.B. hohe Häuser), Wegen, Knotenpunkten, abgegrenzten Teilgebieten (z.B. Stadtbezirke) oder Begrenzungen (z.B. durch Flussufer oder Böschungen) als Elemente auf, die diese Lesbarkeit erhöhen.

Es liegt auf der Hand, dass diese Fragen der Orientierung insbesondere dann eine Rolle spielen, wenn die Umwelt komplex und/ oder dem Individuum nicht ausreichend vertraut ist (z.B. bei öffentlichen Gebäuden, die das erste Mal besucht werden). Durch die in dieser Arbeit vorgenommenen Fokussierung auf die thermische Gebäudesimulation eines Büroarbeitsplatzes spielen die Aspekte der räumlichen Orientierung also nur eine untergeordnete Rolle, da hierbei die ausreichende Vertrautheit des Individuums mit seiner (baulichen) Umwelt vorausgesetzt wird.

Ein weiterer, räumliches Verhalten betreffender Aspekt lässt sich mit dem Begriff des „personal space“ darstellen. Dieser „personal space“ beschreibt den Raum, der sich um das Individuum herum befindet und hilft, den erwünschten, interpersonalen Abstand zwischen Individuen zu charakterisieren. [Flade 2008] verweist auf vier unterschiedliche Distanzzonen, in die sich der „personal space“ einteilen lässt: intime, vertraute Distanzen bis 0,45 m, persönliche Distanzen bis 1,20 m, soziale Distanzen bis 3,50 m und schließlich öffentliche Distanzen bis mehr als 7 m. Eine mittelbare Relevanz für diese Arbeit erhält der Begriff des „personal space“ dadurch, dass das Mobiliar eines Raums entsprechend seiner Kommunikationsfunktion angeordnet werden kann. Diese Kommunikationsfunktion wird dabei über die interpersonalen Distanzen mitreguliert. Zusätzlich lassen sich *soziopetale* und *soziofugale* Anordnungen unterscheiden. Welche Anordnung sinnvoll ist, hängt ebenfalls von der Kommunikationsfunktion des Raums ab. So findet man in Besprechungsräumen, die primär der Kommunikation miteinander dienen, in erster Linie *soziopetale*, d.h. einander zugewandte Anordnungen der Sitzgelegenheiten vor. Kinos, Theater oder Hörsäle weisen hingegen eher eine *soziofugale* Anordnung auf.

5.4.4.3.5 Territorialität und Wahrnehmung der Operationsangebote

Abschließend soll auch in diesem Zusammenhang noch einmal auf das Konzept der Territorialität verwiesen werden. Dieses Konzept war in Abschnitt 5.4.3.7.1 auf Seite 292 als Konzeptualisierungsansatz für die Betrachtung von Privatheit in Gebäuden angeführt worden und teilte Territorien in primäre, sekundäre und öffentliche Territorien ein. Mit primären Territorien sind Bereiche gemeint, die in hohem Maß privat und nicht-öffentlich sind, sie zeichnen sich durch umfangreichere Personalisierung und das Maß an Bedeutung aus, dass sie für den Nutzer aufweisen. Es liegt - wie bereits in Abschnitt 5.4.3.7.1 beschrieben - die Vermutung nahe, dass Operationsangebote innerhalb primärer Territorien eher als solche wahrgenommen und auch genutzt werden. Das würde bedeuten, dass ein Schüler während des Unterrichts im Klassenraum - aus seiner Perspektive ein sekundäres Territorium - weniger dazu neigt, das Fenster selbstständig zu öffnen als während seiner Hausaufgaben in seinem Zimmer. Dies stimmt mit der Beobachtung der Realität durchaus überein.

5.4.4.4 Wahrnehmung und Bewertung der Operationsbeschränkungen vor dem Hintergrund der Betrachtung des Kategorialbereichs „Überindividuelle Nutzungssysteme“

Die Betrachtung der Behavior Setting Programme als basale Handlungsstruktur für das Individuum (siehe Abschnitt 5.4.1.3 auf Seite 220) und darüber hinaus die Tatsache, dass Behavior Settings die Freiheitsgrade des individuellen Handelns mit einer dem Behavior Setting eigenen Rigorosität beschneiden (siehe Abschnitt 5.4.1.5 auf Seite 226) setzt voraus, dass das handelnde Individuum eine Vorstellung von den Regeln des Behavior Settings hat. Das Behavior Setting und seine Eigenschaften müssen also beim Handelnden kognitiv repräsentiert sein, damit der beschränkende Einfluss wirksam wird.

Die Analyse der Realitätserzählung gibt bereits ausreichend Hinweise auf eine solche kognitive Repräsentation dieser überindividuellen Regeln. Wäre dies nicht der Fall, so hätte der Kategorialbereich „überindividuelle Nutzungssysteme“ auf dieser Basis nicht identifiziert werden können. Andere Untersuchungen bestätigen dies. Auf der Basis von Befragungen zeigten [Cantor et al. 1982] z.B., dass Individuen, sobald sie nach den charak-

terisierenden Eigenschaften von „situations“ gefragt wurden, in ihrer Beschreibung viel Wert auf die sozialen Aspekte, u.a. auch die jeweils gültigen Normen, legten. Die Ansichten über prototypisches Verhalten und typische Persönlichkeiten, die charakterisierend für verschiedene Klassen von Situationen sind, waren unter naiven Beobachtern sehr konsistent. In bestimmten, hinsichtlich ihrer Eigenschaften abgrenzbaren, Settings wurden typische Handlungen von typischen Personen erwartet. [Kaminski 2008] verweist auf weitere relevante Untersuchungen.

5.4.4.5 Entscheidung für eine Operationsdurchführung auf der Basis von Erwartungs-Wert-Theorien

Eine Handlung kann durch den Wert der angestrebten Zielsituation und die Erwartung der Erreichbarkeit dieser Situation motiviert werden. Die beiden hier genannten Aspekte - Erwartung und Wert - sind die zentralen Begriffe einer großen Gruppe von Motivationstheorien, die Motivation durch Erwartung und Anreiz zu erklären versuchen. Diese Theorien „erkennen dem Lebewesen zu, dass es vorausblicken und sein Verhalten an vorweggenommenen Zielzuständen orientieren kann“ und unterscheiden sich damit grundlegend von frühen Assoziationstheorien, die Verhalten durch Reiz-Reaktions-Verknüpfungen versucht haben zu erklären ([Beckmann & Heckhausen 2010]).

Das Individuum handelt also in diesem Sinne vorausschauend und kann, um sein Ziel zu erreichen, zwischen verschiedenen, potenziell erfolgversprechenden Handlungen wählen. Die entscheidende Frage ist, auf welche Art und nach welchen konkreten Kriterien diese Entscheidung gefällt wird. Im Rahmen dieses Abschnitts soll für die Konzeptualisierung dieses Auswahlprozesses auf das Prinzip der Erwartungs-Wert-Theorie und ihre Erweiterung zur Instrumentalitätstheorie als erklärende psychologische Rahmentheorie eingegangen werden. Der konkrete Bezug zu den Ergebnissen der Realitätsanalyse wird einige tragfähige Hinweise darauf geben, dass auch Entscheidungen für oder gegen Störungskorrekturhandlungen mithilfe der Grundkonzeption der Instrumentalitätstheorie konzeptualisiert werden können.

5.4.4.5.1 Instrumentalitätstheorie von Vroom

Die Grundbegriffe der Instrumentalität gehen im Wesentlichen auf [Peak 1955] und auf [Vroom 1964] zurück. Die Ausführungen hier basieren allerdings auf der Zusammenfassung von [Beckmann & Heckhausen 2010].

Erwartungs-Wert-Theorien gehen davon aus, dass eine Handlung umso eher ausgeführt wird, je höher der (subjektive) Wert des Handlungsergebnisses ist und je größer gleichzeitig die Erwartung ist, dieses Ziel durch diese Handlung zu erreichen (entspricht der R-S*-Kontingenz von Bolles). Für die Konzeptualisierung werden beide Einheiten numerisch ausgedrückt, z.B. mit Werten zwischen 0 und 1, um dann i.d.R. multiplikativ verknüpft zu werden. Sollen verschiedene Handlungsoptionen verglichen werden, so können jeweils aus den unterschiedlichen Wertgrößen und erwarteten Erreichbarkeiten die Produkte errechnet und einander gegenübergestellt werden. Die Handlungsoption mit dem größten resultierende Produkt hat die größte Wahrscheinlichkeit, ausgeführt zu werden.

Den Begriff der *Instrumentalität* hat [Peak 1955] eingeführt, um zwischen unmittelbaren *Handlungsergebnissen* und den daraus resultierenden *Handlungsfolgen* zu differenzieren. Ein bestimmtes Handlungsergebnis verfügt demnach über eine Instrumentalität für das Zustandekommen der Handlungsfolgen. [Peak 1955] verwendete diesen Bezug, um *Einstellungen* zu bestimmten Sachverhalten auf den Grund zu gehen. Als Beispiel untersuchte sie die Einstellung zur Rassentrennung: Die Abschaffung der Rassentrennung verfügt über Instrumentalitäten für verschiedene Folgen, so z.B. „Nivellierung der Eigentumsverhältnisse“, „Chancengleichheit für alle“ oder „Nivellierung des sozialen Status“. Alle diese Folgen sind gleichzeitig mit einem (negativen oder positiven) Wert behaftet, sodass die Instrumentalität und der Wert für jede der Ergebnisfolgen miteinander multipliziert und alle Produkte aufsummiert werden können. Die Summe gibt dann Auskunft über die in Frage stehende Einstellung.

[Vroom 1964] hat den Begriff der Instrumentalität aufgegriffen und zur Instrumentalitätstheorie erweitert. Sie

diente für [Vroom 1964] primär dazu, die *Handlungstendenz* zu bestimmen bzw. vorherzusagen und wurde für den Einsatz in der (industriellen) Arbeitswelt entwickelt. Unter vielen potenziellen Handlungsmöglichkeiten führt jede Handlung mit einer Wahrscheinlichkeit zwischen 0 und 1 zu einem bestimmten Handlungsergebnis, z.B. einer erhöhten persönlichen Arbeitsproduktivität. Dieses Handlungsergebnis kann bei Vroom mehr oder weniger dazu geeignet sein, längerfristige Folgen zu bewirken, z.B. Anerkennung unter Kollegen zu erhalten, mehr Lohn zu bekommen oder befördert zu werden. Die Instrumentalität dieses Ergebnisses kann für die erwünschten Folgen zwischen -1 (das Gegenteil wird bewirkt) und 1 liegen. Natürlich können auch unerwünschte Folgen auftreten, die dann - im Gegensatz zu den erwünschten Folgen - einen negativen Wert zugewiesen bekommen. Wird das Produkt aus Eintretenswahrscheinlichkeit, Instrumentalität und Wert für jede Handlungsfolge gebildet und alle Produkte für eine Handlung aufaddiert, so ergibt sich für jede Handlungsoption eine Handlungstendenz. Hat ein Handlungsergebnis also z.B. eine negative Instrumentalität für eine negativ bewertete Handlungsfolge, so spricht das für die Ausführung der Handlung. Eine positive Instrumentalität für eine negativ bewertete Handlungsfolge würde hingegen gegen diese Handlung sprechen.

Diese Konzeptionen lassen sich mathematisch formulieren und durch ein Ausführungsmodell ergänzen:

Als *Valenzmodell* wird der Teil des Gesamtmodells bezeichnet, der den *Wert* eines *Handlungsergebnisses* beschreibt. Die Valenz V_j eines Handlungsergebnisses j lässt sich durch das Produkt aus der Instrumentalität I_{jk} (des Ergebnisses j für die Folge k) mit der Valenz der *Folge* k ausdrücken. Hat das Handlungsergebnis j insgesamt n Folgen, so wird die Summe der n Produkte gebildet:

$$V_j = \sum_{k=1}^n I_{jk} \times V_k$$

Das *Handlungsmodell* gibt hingegen Auskunft darüber, wie groß die *Handlungsmotivation* F_l auf der Basis der *Valenz* des Handlungsergebnisses V_j und der erwarteten *Eintrittswahrscheinlichkeit* E_{lj} (des Ergebnisses j aufgrund der Handlung l) ist. Da eine Handlung m Handlungsergebnisse hat, wird auch hier eine Summe gebildet:

$$F_l = \sum_{j=1}^m E_{lj} \times V_j$$

Dieser Wert F wird von Vroom als „psychologische Kraft“ bezeichnet. Sie soll die Motivation und den aufgebrauchten Anstrengungsgrad zum Ausdruck bringen, lässt jedoch die persönliche *Fähigkeit* außer Acht. Daher wird ein zusätzlicher Faktor erforderlich, der diese Fähigkeit zur Durchführung der Handlung l berücksichtigt. Das Gesamtmodell lässt sich somit folgendermaßen aufschreiben:

$$\text{Handlungstendenz für Handlung } l = \text{Fähigkeit}(l) \times \sum_{j=1}^m [E_{lj} \times \sum_{k=1}^m (I_{jk} \times V_k)]$$

Die Prinzipien dieses Modells lassen sich auf den Planungsprozess von Störungskorrekturhandlungen übertragen, was nachfolgend an einigen Beispielen demonstriert werden soll. Zum Verständnis ist es jedoch nützlich, sich in Erinnerung zu rufen, dass neben den vielen bereits in Abschnitt 5 besprochenen Bedürfnissen des Individuums ein zusätzliches Bedürfnis auf der Basis der Realitätsanalyse identifiziert wurde. Dabei handelt es sich um das Bedürfnis, möglichst effiziente Handlungen durchzuführen, durch die das Ziel möglichst direkt erreicht wird (siehe Abschnitt 4.3.9.2.6 auf Seite 145). Die verschiedenen Dimensionen dieser Effizienz - ergänzt um den Bezug, den sie zu den hier eingeführten Begriffen Wert/Valenz, Eintrittswahrscheinlichkeit, Handlungsergebnis und Handlungsfolge haben - sollen nachfolgend noch einmal aufgeführt werden. Hierzu zählen:

- *die möglichst exakte Anpassbarkeit der regulativen Ausstattungselemente an die Ziele der Handlung: Ist diese Anpassbarkeit nicht gegeben, wirkt sich das negativ auf die Eintrittswahrscheinlichkeit des antizipierten Zielzustands aus.*
- *die möglichst gute Handhabbarkeit der regulativen Ausstattungselemente für das Individuum: Die Handhabbarkeit korreliert mit der Fähigkeit des Individuums zur Ausführung der Handlung, verringert sich die Handhabbarkeit, so verringert sich die Handlungstendenz.*
- *der Einfluss auf die lokale Intensität: Auch hier besteht ein Zusammenhang mit der Eintrittswahrscheinlich-*

keit. Befinden sich regulative Ausstattungselemente in größerer Entfernung zum Aufenthaltsort des Nutzers, so verringert sich die Wahrscheinlichkeit, dass durch deren Bedienung Veränderungen der Umgebungsbedingungen an seinem Aufenthaltsort eintreten.

- *Effektgröße, Effektdauer und Eintretensgeschwindigkeit: eine geringe Effektgröße, eine kurze Effektdauer und eine geringe Eintretensgeschwindigkeit verringern die Valenz des Handlungsresultats.*
- *Übertragungs- und Emissionsfächer: Dies spiegelt die Tatsache wieder, dass eine Handlung nicht nur zu einem, sondern zu mehreren Ergebnissen führen kann und dass nicht jedes Ergebnis die gleiche Valenz erhält.*
- *Einfluss auf die sensorischen und motorischen Kompetenzen: Auch dies kann unter dem Gesichtspunkt betrachtet werden, dass eine Handlung mehrere, teils mit einer negativen Valenz behaftete Ergebnisse hervorbringt.*
- *Eintrittsrisiko und Korrigierbarkeit einer Fehlentwicklung: Hier liegt es nahe, die Eintrittswahrscheinlichkeit zu betrachten und die Kosten einer Fehlentwicklung als eine negative Valenz anzusehen.*

Anhand dieser relativ oberflächlichen Betrachtung zeigt sich bereits, dass einige Übereinstimmungen zwischen den Effizienzprinzipien, die gemäß der Realitätsanalyse offenbar für Störungskorrekturhandlungen gelten, und den Modellbestandteilen der Instrumentalitätstheorie existieren. Allerdings wurde in dieser Kurzanalyse noch nicht zwischen Handlungsergebnissen und Handlungsfolgen unterschieden und entsprechend auch noch nicht der Begriff der Instrumentalität berücksichtigt.

Nachfolgend soll die potenzielle Anwendbarkeit der Instrumentalitätstheorie auf den Entscheidungsprozess innerhalb eines Handlungsmodells anhand eines Beispiels demonstriert werden. Auch hierfür gilt wieder, dass es sich dabei nicht um eine detailliert ausgearbeitete Theorieadaptation handelt, sondern dass lediglich an einem plastischen Beispiel die Plausibilität und Nützlichkeit einer Adaptation veranschaulicht werden soll.

Beispielhaft wird hier beschrieben, wie die Überprüfung einer potenziellen Handlung „Sonnenschutz bedienen“ im Rahmen einer Entscheidungsfindung mithilfe der Prinzipien der Instrumentalitätstheorie konzeptualisiert werden könnte. Im Grundbeispiel wird die Handlungsplanung durch die Wahrnehmung thermischer Unbehaglichkeit ausgelöst.

Die Bedienung des Sonnenschutzes führt dazu, dass sich der Sonnenschutz im Anschluss an diese Handlung in einer anderen Position befindet als vor der Ausführung der Handlung. Dies ist das *Handlungsergebnis*, mit dem jedoch eine andere *Folge* beabsichtigt ist, und zwar die Verbesserung der thermischen Behaglichkeit. Die objektive Veränderung der Umwelt wird hier also zunächst als ein Handlungsergebnis betrachtet, das eine Instrumentalität für die Folge „Verbesserung der thermischen Behaglichkeit“ aufweist. Die Handlungsfolge „Verbesserung der thermischen Behaglichkeit“ verfügt für das Individuum über eine Valenz V , die möglicherweise mit dem Grad des aktuellen Unbehaglichkeitsempfindens kovariiert.

Valenz der Veränderung der thermischen Behaglichkeit: $V_{\Delta\text{therm.B.}}$

Man könnte also zunächst sagen, dass das Ergebnis „neue Position Sonnenschutz“ über eine Instrumentalität für die Folge „Verbesserung der thermischen Behaglichkeit“ mit der Valenz als Funktion des aktuellen Unbehaglichkeitszustands verfügt. Mit diesem generellen Anspruch lässt sich diese Behauptung allerdings nicht halten. Dies lässt sich leicht überprüfen wenn man sich vorstellt, der Sonnenschutz wäre (als gedankliches Experiment) durchsichtig. In diesem Fall hätte die neue Position des Sonnenschutzes keine Auswirkung auf die Behaglichkeit. Die Instrumentalität besteht also nicht zwischen der Positionsveränderung des Sonnenschutzes und der Veränderung der Behaglichkeit, sondern zwischen der Veränderung der Einstrahlung ΔG auf das Individuum (genereller: Veränderung der wirksamen Umgebungsbedingungen ΔU) und der Veränderung der thermischen Behaglichkeit. Zur Vereinfachung wird hier abgekürzt:

Instrumentalität: $I_{\Delta U \rightarrow \Delta\text{therm.B.}}$

Es muss demnach eine Verknüpfung zwischen den Eigenschaften des Sonnenschutzes und der Einstrahlung auf das Individuum existieren, die hier als *gebäudebedingte Eintrittswahrscheinlichkeit* bezeichnet wird. Hier spielen die Eigenschaften des Sonnenschutzes, wie z.B. seine Transparenz und seine neue Position, die entscheidende Rolle (genereller: Gebäudeeigenschaften g). Dieser Zusammenhang wird zur Vereinfachung ebenfalls abgekürzt:

gebäudebedingte Eintrittswahrscheinlichkeit: $E_{g \blacktriangleright \Delta U}$

Auch diese Erweiterung reicht jedoch offenbar noch nicht aus. Dies lässt sich gedanklich wieder leicht überprüfen, indem man sich vorstellt, diese thermische Unbehaglichkeit träte in der Nacht auf. Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich durch eine Handlung die Einstrahlung verändert, hängt also auch davon ab, wie groß die aktuelle Einstrahlung ist. Existiert keine Einstrahlung, so verändert auch ein vollkommen intransparenter Sonnenschutz nichts an der thermischen Unbehaglichkeit. Diese Eintrittswahrscheinlichkeit ist also *umgebungsgrößenbedingt* und wird entsprechend benannt:

umgebungsgrößenbedingte Eintrittswahrscheinlichkeit: $E_{u \blacktriangleright \Delta U}$

Schließlich muss noch die Handhabbarkeit des Sonnenschutzes und darüber hinaus die Programmregeln des Behavior Settings eine Rolle bei der Entscheidung über die Handlung spielen. Ist die Handhabbarkeit gering, reduziert dies die Attraktivität der Handlung. Gleiches gilt für den Fall, dass die internen Regeln des Behavior Settings diese Handlung nur bedingt oder gar nicht sanktionieren. Andererseits kann die Durchführung bestimmter Handlungen besonders durch die Regeln des BS gefördert werden (siehe Abschnitt 5.3.2.1.1.D auf Seite 208). Dies wird entsprechend durch den Buchstaben H für Handhabbarkeit und R_{BS} für die Regeln des BS abgekürzt, sodass sich für die theoretische Handlungstendenz ergibt:

$$\text{Handlungstendenz} = R_{BS} \times H \times E_{g \blacktriangleright \Delta U} \times E_{u \blacktriangleright \Delta U} \times I_{\Delta U \blacktriangleright \Delta \text{therm. B.}} \times V_{\Delta \text{therm. B.}}$$

Inwiefern eine rein multiplikative Verknüpfung hier sinnvoll und zweckmäßig im Sinne einer validen Prognostik ist, ist an dieser Stelle zunächst nicht relevant. Empirische Daten sprechen dafür, dass diese Verknüpfung günstig ist, allerdings sind auch Varianten dazu denkbar ([Beckmann & Heckhausen 2010]). Für diese beispielhaften Demonstrationen reicht es also, bei der ursprünglichen Syntax des Modells zu bleiben.

Anhand dieser Formalisierung lassen sich offenbar einige Einflüsse auf die Handlungstendenz darstellen. Hätte der Nutzer z.B. neben dem Bedürfnis, seine thermische Behaglichkeit zu verbessern gleichzeitig das Bedürfnis, die Funktionalität seines Monitors zu erhalten bzw. wieder herzustellen (indem die Überblendungen auf dem Monitor verringert werden), so könnte dies dargestellt werden, indem ΔU eine Instrumentalität $I_{\Delta U \blacktriangleright \Delta \text{Funkt.}}$ für die Veränderung der Funktionalität zugewiesen würde, wobei diese Funktionalitätsveränderung gleichzeitig eine (positive) Valenz $V_{\Delta \text{Funkt.}}$ erhalte. Die Handlungstendenz würde sich somit entsprechend vergrößern. Andererseits ist diese Handlung mit einer erwarteten Wahrscheinlichkeit verknüpft, die Umgebungsbedingung „Licht“ zu verändern (sowohl durch die Eigenschaften des Sonnenschutzes als auch durch die Tatsache, dass die Sonne in den Raum einstrahlt). Es existiert also hierfür ein auf die Lichtsituation zutreffendes Produkt $E_{g \blacktriangleright \Delta U} \times E_{u \blacktriangleright \Delta U}$ und zusätzlich eine Instrumentalität $I_{\Delta U \blacktriangleright \Delta \text{vis. B.}}$ für die Veränderung der visuellen Behaglichkeit und eine (negative) Valenz $V_{\Delta \text{vis. B.}}$ für diese Veränderung. Nach dem Prinzip der Aufaddition aller Produkte kann auf diese Weise die resultierende Handlungstendenz ermittelt werden.

Die Valenz der einzelnen Handlungsfolgen übt einen großen Einfluss auf die Handlungstendenz aus. Wird z.B. der positive Effekt einer verbesserten thermischen Behaglichkeit höher bewertet als der negative Effekt einer verringerten visuellen Behaglichkeit, so drückt sich dies durch unterschiedliche Valenzen aus. Daraus folgt, dass sich darüber hinaus aus dem Verhältnis unterschiedlicher Valenzen zueinander auch die individuellen Präferenz-Rangfolge ableiten lassen. Dies gilt für die Präferenz-Rangfolge der Behaglichkeitsbedürfnisse (Abschnitt 4.3.7.4.6 auf Seite 128, jedoch auch für die übergeordnete Präferenz-Rangfolge aller Bedürfnisse (Abschnitt 4.3.9.3 auf Seite 149).

Die Auswahl der Faktoren, die in die Bestimmung der Handlungstendenz eingehen, wurde hier zunächst einmal auf der Basis logischer Schlussfolgerungen durchgeführt. Ein besonderer Vorzug dieser Faktoren besteht jedoch darin, dass die dort zum Ausdruck gebrachten Zusammenhänge gemäß der Realitätsanalyse allesamt Bestandteil des subjektiven Realitätsbildes des Individuums sind. Um dies zu erläutern soll noch einmal auf die einleitenden Unterabschnitte dieses Kapitels 5.4.4.1 bis 5.4.4.4 eingegangen werden.

Die Tatsache, dass ein handelndes Individuum Klarheit über die Valenz einer Handlungsfolge hat, ist - zumindest innerhalb des sehr engen Betrachtungsrahmens von Störungskorrekturhandlungen - unstrittig. Wäre dem nicht so, so käme es erst gar nicht zu einer Zieldefinition und die Planung einer Handlung würde sich erübrigen. Abschnitt 5.4.4.1 auf Seite 302 hatte darüber hinaus auf das Wissen des Individuums über die Zusammenhänge zwischen den objektiven Merkmalen der Umwelt und der subjektiven Wahrnehmung und Bewertung dieser Merkmale hingewiesen. Dies lässt darauf schließen, dass der Nutzer über Kenntnisse hinsichtlich der Instrumentalität verfügt, die eine Veränderung der objektiven Umwelt für die Verbesserung der Befriedigung seiner Bedürfnisse aufweist. Auch das Auftreten von Erwartungen von Wahrscheinlichkeiten, mit denen Veränderungen der Umgebungsbedingungen gebäudebedingt und umgebungsgrößenbedingt in der Folge der Handlung auftreten werden, ist in der Realitätsanalyse verankert. Darauf wurde bereits in Abschnitt 5.4.4.2 auf Seite 302 hingewiesen: Zum einen verfügt das Individuum über Wissen bezüglich der (independenten) Dynamik der Umgebungsbedingungen und zum anderen über Wissen bezüglich der spezifischen Übertragungs-, Speicher- und Reflexionsquantitäten. Dieses Wissen liegt dabei nicht im Sinne numerisch exakter Werte, sondern offenbar als quantitative Abschätzung vor. Diese quantitative Abschätzung hängt jedoch von zwei Parametern ab, und zwar den Eigenschaften des Gebäudes und jenen der jeweils relevanten Umgebungsbedingungen. Die Tatsache, dass es sich um eine Abschätzung im Sinne einer erwarteten Wahrscheinlichkeit handelt und dass sich diese Abschätzung auf zwei Parameter stützt, wird durch die beiden Erwartungsfaktoren in obiger Gleichung ausgedrückt. Auch der Aspekt der Handhabbarkeit wurde bereits ausführlich in Abschnitt 5.4.4.3 auf Seite 303 diskutiert und, im Sinne der Wahrnehmung der Handhabbarkeit, als Affordanz und, im Sinne einer sensomotorischen Passung zwischen Person und Umwelt, als Synomorphie konzeptualisiert. Welches dieser beiden Konzepte für die Handlungstendenz die größere Rolle spielt, kann jedoch gegenwärtig nicht beantwortet werden. Schließlich wurde in Abschnitt 5.4.4.4 auf Seite 309 noch auf die individuelle, kognitive Repräsentation des Behavior Settings eingegangen. Um die beobachtbare Einschränkung der Freiheitsgrade des individuellen Handelns verursachen zu können, müssen die Regeln des Behavior Settings kognitiv beim Handelnden repräsentiert sein und bei der Handlungsplanung berücksichtigt werden. Dies wird durch den Faktor R_{BS} ausgedrückt.

Die hier durchgeführte Konzeptualisierung stellt die Möglichkeit bereit, Handlungstendenzen und damit den Prozess der Handlungsauswahl zu prognostizieren. Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass jede Handlungsplanung final auch zu einer Handlungsabführung führt. Es könnte sich z.B. herausstellen, dass keine der denkbaren Handlungsvarianten zu einer befriedigenden Lösung führt. Dies könnte z.B. daran liegen, dass das Verhältnis zwischen Aufwand und erreichbarem Ergebnis zu ungünstig ist oder dass die erzielbaren Handlungsergebnisse über keine ausreichende Instrumentalität verfügen, um die erwünschten Handlungsfolgen zu bewirken. Die Vermutung liegt also nahe, dass die Handlungstendenz erst einen *Schwellwert* überschreiten muss, bevor eine entsprechende Handlung tatsächlich ausgeführt wird. Dieser Schwellwert ist außerdem voraussichtlich kein konstanter, sondern ein variabler Wert. In 4.3.10.2.2.B auf Seite 156 wurden z.B. die Übergangsaktivitäten eingeführt. Hierbei handelt es sich um Aktivitäten, die dem Abschluss einer Handlung und der Neuorientierung auf eine neue Handlung dienen (z.B. Werkzeug ablegen oder auch gedankliche Umorientierungsprozesse). Mit diesen Übergangsaktivitäten ist also ein Aufwand verbunden, der vor dem Hintergrund des erreichbaren Ergebnisses lohnenswert sein muss, damit die Handlung ausgeführt wird. Es ist zu erwarten, dass besagter Schwellwert in Abhängigkeit dieses Übergangsaufwandes variiert.

Möglicherweise kommt es bei der Unterschreitung dieses Schwellenwertes zu einer Revision des Ziels oder sogar zu dessen Aufgabe.

5.4.4.6 Wissensre- und -deaktualisierung

Mit der Analyse der Realitätserzählung wurde versucht, das *subjektive* Realitätsbild eines interagierenden Gebäudenutzers zu erfassen und zu systematisieren. Da es sich eben um das subjektive Realitätsbild und nicht um ein irgendwie andersartig systematisiertes, objektives Abbild handelt, kann davon ausgegangen werden, dass - mit individualspezifischen Abstrichen - der gesamte, in Abschnitt 4 dargestellte Inhalt Bestandteil des überdauernden Wissens des Individuums ist. Dieses Wissen steht ihm zur Verfügung, um sich in seiner Umwelt zu orientieren. Im vorherigen Abschnitt wurde z.B. gezeigt, dass im Zuge der Handlungsplanung auf einen solchen Wissensbestand gezielt zurückgegriffen wird, um verschiedene Handlungsoptionen gegeneinander abzuwägen. Im Rahmen der Darstellung des Handlungsmodells von [Kaminski 1981] in Abschnitt 5.4.1.4.2 auf Seite 224 wurde jedoch darauf hingewiesen, dass dieses Wissen in seiner Vollständigkeit nicht *unmittelbar* verfügbar ist, sondern situationsgerecht aktualisiert werden muss. Dies ist auch im Kontext dieser Arbeit bei der Betrachtung von Störungskorrekturhandlungen relevant, da die Vermutung unrealistisch ist, dass im Zuge der Handlungsplanung tatsächlich alle erdenklichen Handlungsoptionen gedanklich durchgegangen und hinsichtlich der potenziellen Zielerreichbarkeit verglichen werden. Eine Reihe von Handlungsoptionen scheidet von vornherein aus, so z.B. die Option, die Heizung aufzudrehen, wenn dem Individuum zu warm ist oder den Sonnenschutz runter zu ziehen, wenn es dem Individuum zu laut ist. Sicherlich werden für absurde Handlungen dieser Art keine Instrumentalitäten o.ä. abgeschätzt, um dann anschließend verworfen zu werden. Andererseits gibt es offenbar Handlungen, die unter bestimmten Bedingungen mehr oder weniger automatisch bevorzugt werden. Darauf gab die Realitätsanalyse Hinweise, die unter der Überschrift „erprobte Strategien“ subsumiert wurden.

Um solche Prozesse verstehen zu können, sind Kenntnisse über die Organisation, den Zugriff, die Verarbeitung und den Zugewinn von Wissen erforderlich. Einen möglichen Zugang hierzu, der im Rahmen dieser Arbeit besonders attraktiv erscheint, ermöglichen die kognitiven Architekturen aus dem Bereich der kognitiven Psychologie. Kognitive Architekturen sind bestrebt, die Erkenntnisse der kognitiven Psychologie in ein kohärentes Gesamt-Computermodell zu integrieren und somit die kognitiven Prozesse des Gehirns berechenbar zu machen. Zu den erfolgreichsten Modellen zählen SOAR ([Newell 1994]), EPIC ([Meyer & Kieras 1997a], [Meyer & Kieras 1997b]), und ACT, entwickelt auf der Basis von [Anderson 1996]. In diesem Abschnitt sollen einige relevante Modellvorstellungen der kognitiven Architekturen dargestellt werden. Dafür wird auf die ACT-Theorie von Anderson zurückgegriffen ([Anderson 1996], [Anderson & Lebiere 1998], [Anderson et al. 2004]).

Die grundlegenden Struktur der ACT-R Architektur („Adaptive Control of Thought - Rational“) ist in Abbildung 88 dargestellt. Das Zentrum stellen die sogenannten „productions“ dar, diese sind von „buffern“ - also Informationsspeichern - umgeben, die wiederum im Austausch mit verschiedenen Modulen stehen. Das Zusammenspiel dieser Elemente soll kurz umrissen werden, da die Kenntnis dieser Zusammenhänge für das weitere Verständnis erforderlich sind.

Das visuelle Modul dient der Erkennung visueller Objekte, indem deren Art und Position erkannt wird. Es stellt eine Verbindung zur Außenwelt im Sinne der visuellen Wahrnehmung dar. Die andere Verbindung zur Außenwelt wird durch das manuelle Modul dargestellt, welches zur Kontrolle der Hände dient. Historisch liegt der Ursprung und der Fokus von ACT auf höheren kognitiven Prozes-

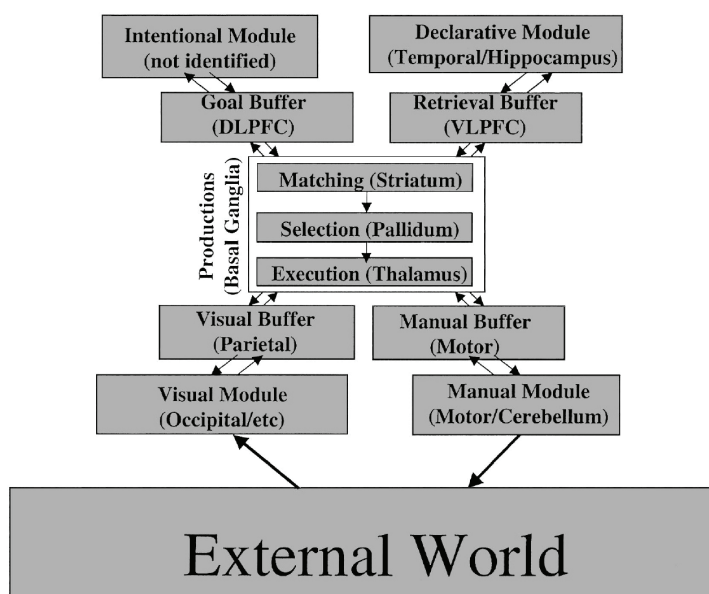


Abbildung 88
Übersicht über die Architekturbestandteile von ACT-R, Quelle: [Anderson et al. 2004], fig. 1.

sen, wie z.B. dem Prozess des Informationszugriffs. Wahrnehmungs- und Aktivitätsprozesse sind erst zu einem späteren Zeitpunkt hinzuentwickelt worden und sind daher in der Gesamtarchitektur unterrepräsentiert. Diese beiden Module können jedoch als stellvertretend für allgemeine Wahrnehmungs- und motorische Prozesse angesehen werden, auch ohne dass andere Prozesse dieser Art bisher im speziellen elaboriert wurden.

Die beiden anderen Module repräsentieren interne Prozesse. Das „intentional module“ dient dazu, die (übergeordnete) Zielstellung und die Absichten im Auge zu behalten und Subprozesse daran auszurichten. Dies bezieht sich insbesondere auf die bereits oben angesprochene und dargestellte Hierarchisierung von Handlungen und deren Planung (Abschnitt 5.4.1.4 auf Seite 222), bei der das Gesamtziel, über das Erreichen von Subzielen hinaus, mental repräsentiert bleiben muss, um erreicht werden zu können. Das „declarative module“ repräsentiert schließlich das deklarative Wissen, also das Wissen über Fakten.

Das zentrale „production system“ übernimmt hingegen die koordinative Kontrolle über die Module. Es ist jedoch nicht in der Lage, die *Gesamtheit* der Informationen, die durch die Module generiert werden oder in diesen vorliegen, zu verarbeiten. Stattdessen kann dieses System nur eine begrenzte Menge an Informationen verarbeiten, die in den zwischengeschalteten „buffern“ vorliegen. So ist ein Individuum sich nicht ständig aller Fakten bewusst, über die das deklarative Gedächtnis verfügt, sondern nur jener Fakten, die aus dem Gedächtnis in den „buffer“ abgerufen wurden. Das „production system“ koordiniert die kognitiven Prozesse, indem es über Informationsanforderungen oder bestimmte Anweisungen den Inhalt der Zwischenspeicher aktualisiert. Innerhalb des „production system“ werden sogenannte „productions“ generiert. Dabei handelt es sich vereinfacht um Wenn-Dann-Anweisungen, die vor dem Hintergrund eines Ziels (z.B. die Addition zweier Zahlen) und unter den gegebenen Bedingungen (die zwei Zahlenwerte) eine Ausführung veranlassen (das Ergebnis aus dem deklarativen Gedächtnis abrufen). „Productions“ werden in Form von „production rules“ im prozeduralen Gedächtnis gespeichert und sind entsprechend erlernbar. Während die Verarbeitung in den Modulen in hohem Maß parallelisiert ist, erfolgt die Aktualisierung des Buffers seriell. Dabei ist der Inhalt der „buffer“ in der ACT-R Architektur auf die Größe einer Einheit - eines „chunk“ - begrenzt. Bei „chunks“ handelt es sich um unabhängige, strukturierte Informationseinheiten, so z.B. das Ergebnis einer Rechenoperation (aus dem deklarativen Gedächtnis) oder die Encodierung eines visuell wahrgenommenen Wortes. Die Zwischenspeicher stellen also - siehe auch Abschnitt 5.4.2 auf Seite 228 über Aufmerksamkeits- und Bewusstseinstheorien - den „Flaschenhals“ bei der Informationsverarbeitung dar.

Unter der Überschrift dieses Abschnitts sind insbesondere jene Prozesse interessant, die das deklarative und das prozedurale Gedächtnis betreffen. Diese Prozesse sollen daher nachfolgend genauer betrachtet werden. Die Re-aktualisierung eines „Wissensteils“ - also eines „chunk“ - hängt von dessen Aktivierung A ab. Diese Aktivierung erfolgt auf zwei Wegen: Einerseits ist der Aktivierungsgrad eines „chunk“ umso höher, je häufiger er in der Vergangenheit abgerufen und verwendet wurde. Dies wird als „base-level activation“ B bezeichnet und reflektiert seine Rolle in vergangenen Lösungsprozessen. Andererseits steigt die aktuelle Aktivierung eines „chunks“ umso mehr, je relevanter seine Rolle im aktuellen Kontext ist. Dies wird als „associative activation“ bezeichnet. Der Aktivierungsgrad bestimmt sowohl die Wahrscheinlichkeit als auch die Geschwindigkeit, mit der ein „chunk“ aktiviert wird. Formal wird dies durch die Summe aus „base activation“ und „associative activation“ dargestellt:

$$A_i = B_i + \sum W_j S_{ji}$$

Die „base activation“ B ist von der Anzahl und dem zeitlichen Abstand der zurückliegenden Verwendungen abhängig. Der Einfluss sinkt - ausgehend von einer initialen Aktivierung zum Zeitpunkt der Verwendung - logarithmisch mit der Zeit ab. Die assoziative Aktivierung hängt von der Anzahl n der Aktivierungsquellen W_j („sources“) und ihrer Assoziationsstärke S_{ji} mit dem „chunk“ ab. Sind die Aktivierungsquellen W_j (z.B. die Zahlen, die addiert werden sollen) zusätzlich mit vielen anderen „chunks“ anderer Art verknüpft („fan“), so sinken die einzelnen Assoziationsstärken S_{ji} ab (wobei die Assoziationsstärken zeitlich nicht konstant sind, sondern sich in Abhängigkeit der Verwendungshäufigkeit der Assoziation verändern). Die Re-aktualisierung erfolgt dann nur, wenn eine bestimmte Aktivierungsschwelle überschritten wird. Allerdings erfolgt die Re-aktualisierung nicht garantiert, sondern mit einer Wahrscheinlichkeit, die wiederum mit dem Grad der Aktivierung ansteigt.

Das „production system“, als zentrale koordinierende kognitive Einheit, erkennt Muster in den Informationen der anliegenden Informationsspeicher und trifft Entscheidungen, die zu einem kohärenten Verhalten führen. Dabei spielt die Auswahl der passendsten „production“ eine wesentliche Rolle. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass bei einer bestimmten, aktuellen Informationslage und Zielstellung mehrere „productions“ potenziell anwendbar sind. Ein wesentlicher Bestandteil der ACT-Architektur ist daher die Konzeptualisierung des Auswahlprozesses von „productions“. Die Basis hierfür ist die „production utility equation“, welche die Nützlichkeit der „productions“ vergleicht. Allerdings werden hier nicht alle verfügbaren „productions“ überprüft, sondern nur jene, die auf das „goal“ anwendbar sind. „Productions“ liegen hierfür intern zielspezifisch geordnet vor. Die Auswahl unter diesen zielkompatiblen „productions“ - sofern mehr als eine zielrelevante „production“ vorliegt - erfolgt anhand definierter Kriterien. Diese Kriterien sind ihrer Formalisierung nach den Erwartungs-Wert-Theorien nachempfunden, indem sie die Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung P , die Valenz des Ziels G und die potenziellen Kosten auf dem Weg der Zielerreichung C berücksichtigen. Die „production utility equation“ nimmt somit folgende Form für die i -te „production“ an:

$$U_i = P_i \times G - C_i$$

Unter den zur Verfügung stehenden „productions“ erhält jene die höchste Ausführungswahrscheinlichkeit, welche nach dieser Gleichung die höchste Nützlichkeit aufweist. Diese Ausführungswahrscheinlichkeit wird für jede „production“ bestimmt, indem ihre mit der e -Funktion gewichtete Nützlichkeit U ins Verhältnis zu der Summe aller mit der e -Funktion gewichteten Nützlichkeiten gesetzt wird.

P und C sind Werte, die nicht konstant sind, sondern einem Lernprozess unterworfen sind. Die Abschätzung von P - also der Erwartung, dass mit der „production“ das Ziel erreicht werden kann - erfolgt auf der Basis von zurückliegenden Erfolgen und Misserfolgen. Für die Berechnung werden alle Erfolge ins Verhältnis aller bisherigen Versuche (= Erfolge + Misserfolge) gesetzt, sodass der Wert von P einer ständigen Veränderung in Abhängigkeit der Erfolgshistorie unterworfen ist. Mit der Abschätzung der Kosten wird vergleichbar verfahren. Allerdings führt das Verfahren dazu, dass neu hinzugewonnene Erfolgs- und Misserfolgswahrscheinlichkeiten einen zunehmend geringeren Einfluss ausüben, da sie stets im Verhältnis zu einer ansteigenden Gesamtmenge an Erfahrungen bewertet werden. Auch die Reihenfolge von Erfolg und Misserfolg spielt bei einer bloßen Aufsummierung keine Rolle, was mit der beobachtbaren Realität nicht übereinstimmt. Das Wissen über Erfolg und Misserfolg muss also ebenfalls - äquivalent zur „base-level activation“ - mit der Zeit deaktualisiert werden. Dies wird in ACT-R implementiert, indem Erfolgs- und Misserfolgswahrscheinlichkeiten mit der Zeit logarithmisch an Gewicht verlieren ([Lovett 1998]).

Trotz der geringen Darstellungstiefe, die hier gewählt wurde, demonstriert die Beschreibung der relevanten Modelleigenschaften von ACT-R die Anwendbarkeit kognitiver Architekturen auf das hier behandelte Problemfeld in einem ausreichenden Maß. Ein an die ACT-R-Architektur angelehnter kognitiver Prozess könnte z.B. folgende, zwar grob artikulierte aber problemgerechte Ablaufstruktur aufweisen: 1. Wahrnehmung thermischer Bedingungen über die Sensorik, 2. Auslösen einer „production“, die bewertungsrelevante Informationen aus dem deklarativen Gedächtnis abrufen („schon wieder zu warm“, „immer noch zu warm“), 3. Bewertung und Zieldefinition innerhalb des „intentional module“, 4. Auslösen einer „production“, die ausführungrelevante Informationen aus dem deklarativen Gedächtnis abrufen („das Fenster klemmt“, „draußen ist es laut“, „der Sonnenschutz nimmt auch Licht weg“, „die BS-Regeln untersagen das Ausziehen des Sakkos“), 5. Auswahl und Auslösen einer passenden Handlungs-„production“, 6. Handlungsdurchführung. Bei der Betrachtung dieser Ablaufstruktur liegt außerdem der Gedanke nahe, die in den Abschnitten 4.3.5, 4.3.7, 4.3.8 und 4.3.9 gründlich untersuchten Interrelationen zwischen den einzelnen Kategorialbereichen als assoziativ organisierte Gedächtnisstrukturen des Individuums zu betrachten, da diese Interrelationen dem vermuteten Realitätsbild des Gebäudenutzers entsprechen.

Die Zielrichtung von ACT-R mit seinem Schwerpunkt auf der Abbildung interner kognitiver Prozesse überlappt jedoch offenbar nicht vollständig mit der Zielrichtung dieser Arbeit, die ja einen großen Schwerpunkt auf Wahrnehmungs- und physische Interaktionsprozesse legt. Dennoch sind die kognitiven Modelle an die Aufgabenstellung adaptierbar. Dies lässt nicht zuletzt die formale Ähnlichkeit der „production utility equation“ mit der

zuvor vorgeschlagenen Bestimmung der Handlungstendenz auf der Basis der Instrumentalitätstheorie vermuten (Abschnitt 5.4.4.5 auf Seite 310). Darüber hinaus ist die logarithmische Gewichtung von Erfolgs- und Misserfolgseignissen offenbar ein Ansatz, um das Auftreten von Gewohnheiten bzw. „erprobten Strategien“ oder saisonal variierenden Handlungen abzubilden (z.B. indem eine Handlung einen positiven Bias erhält). Wird ACT-R als Simulationsbasis in Erwägung gezogen, so ist jedoch offenbar eine erhebliche Erweiterung des Modulumfangs erforderlich. Dies bezieht sich primär auf die Wahrnehmung von Umgebungsbedingungen, die im Kontext dieser Arbeit eine zentrale Rolle spielen, in ACT-R bisher jedoch lediglich durch das visuelle Modul repräsentiert ist. Zusätzlich gilt dies für die motorischen Kompetenzen, auf die im Folgeabschnitt eingegangen wird.

5.4.5 Ausführung des Handlungsplans

5.4.5.1 Abruf von physischen Könnensmustern und Regulation der Ausführung

Die Durchführung der Eingriffshandlung - sei es das Öffnen des Fensters oder das Ausziehen eines Pullovers - erfordert primär den Abruf motorischer Könnensmuster (siehe Abschnitt 5.4.1.4 auf Seite 222). Bisher wurde dies durch den Begriff der „Handhabbarkeit“ bzw. deren Konzeptualisierung durch die Begriffe „Affordanz“ und „Synomorphie“ berücksichtigt (siehe Abschnitt 5.4.4.3 auf Seite 303). Darüber hinaus ist es für das Individuum erforderlich, Ortswechsel durchzuführen, sei es zwischen Gebäuden, zwischen Räumen oder innerhalb eines Raums. ACT-R verfügt in seinem gegenwärtigen Entwicklungsstadium über kein Modul, um diese physischen Aktivitäten und die dafür erforderlichen motorischen Kompetenzen abzubilden. Das einzige Modul, das der Abbildung motorischer Kompetenzen nahe kommt, ist das „manual module“, welches verwendet wird, um die Eingaben einer Testperson über eine Computertastatur oder die Bedienung einer Computermaus abzubilden. [Bothell 2012] erachtet die erforderlichen Erweiterungen jedoch für grundsätzlich umsetzbar, zumal allgemein Abstufungen im Detaillierungsgrad solcher Abbildungen denkbar sind. So könnte ein motorisches Modul für Eingriffshandlungen, in der einfachsten Form, lediglich einen Ausführungsanstoß („just do“) geben oder, auf einer detaillierteren Betrachtungsstufe, die psychologischen Vorgänge während dieses Eingriffs mit berücksichtigen. Dazu würden z.B. die kognitive Repräsentation der Hierarchisierung der Ziele, Rückmeldungen über den Stand der Zielerreichung, Fragen der Rückmeldung von untergeordneten Zielerreichungen nach „oben“ bzw. Auftragsverteilung nach „unten“ oder die mentale Aufbewahrung des Gesamtziels u.ä. zählen. Hierzu dient in ACT-R das „intentional module“, dessen „Kontrollfähigkeit“ jedoch auf physische Aktivitäten erweitert werden müsste.

5.4.5.2 Evaluierung und Wissensaufbau

In Abschnitt 5.4.4.6 auf Seite 315 wurde die ACT-R Architektur bereits in ihren Grundzügen erläutert. Unter der dortigen Überschrift wurden besonders die Aspekte der Wissensaktualisierung mit Bezug auf das deklarative Gedächtnis, jedoch auch mit Bezug auf die Erfolgs- und Misserfolgshistorie der „production“-Anwendung betrachtet. In diesem Rahmen wurde jedoch nicht spezifiziert, was Erfolge und was Misserfolge konkret sind. Im Kontext der traditionellen ACT-R Anwendungen lässt sich diese Unterscheidung relativ leicht treffen, da i.d.R. Handlungen und Denkprozesse von geringer zeitlicher Ausdehnung und geringer Komplexität betrachtet werden (wie z.B. die visuelle Identifikation von Elementen auf einem Bildschirm, das Drücken einer Taste auf der Computertastatur, das Bewegen eines Mauszeigers). Reales Verhalten setzt sich dann aus einem koordinierten Ablauf von „productions“ und deren Ergebnissen kohärent zusammen (z.B. die Luftverkehrsüberwachung an einem Bildschirm, die sich aus diesen Einzelschritten zusammensetzt, [Anderson et al. 2004]). Dass dieser Auflösungsgrad von Verhalten für das hier betrachtete Problemfeld sinnvoll bzw. gewinnbringend ist, darf bezweifelt werden. „Productions“ müssen also auf einem höheren Generalisierungsniveau betrachtet werden - z.B. als eine vollständige Störungskorrekturhandlung - was zur Folge hat, dass Erfolg und Misserfolg nicht mehr dichotom verteilte Bewertungskriterien sind. Der Evaluierungsprozess, d.h. der Prozess der Einordnung des Handlungsergebnisses als Erfolg oder Misserfolg, erfordert somit eine komplexere Konzeptualisierung als bisher in ACT üblich: Ziele können nur zum Teil erreicht werden, Ziele werden nicht unmittelbar, sondern mit Zeitverzug erreicht oder der erreichte Zielzustand hat keinen Bestand über einen längeren Zeitraum. Dies alles bedeutet nicht automatisch, dass die „production“ als Misserfolg verbucht wird. Diese Aspekte müssen also in einer geeigneten Art und Weise Eingang in den Evaluierungsprozess finden. Darüber hinaus muss die Konzeptualisierung dieses Evaluierungsprozesses dergestalt sein, dass - sofern die oben vorgeschlagene instrumentalitätstheoretische Betrachtung aufgegriffen wird - zwischen der Ausbildung von Eintritts- und Instrumentalitätserwartungen unterschieden werden kann. Eintritts- und Instrumentalitätserwartungen bilden sich dann kontextsensitiv aus, z.B. dadurch, dass die Erwartung, dass der Sonnenschutz die Einstrahlung reduzieren wird umso größer ist, je intensiver die Solarstrahlung ist, und umso kleiner, je geringer die Solarstrahlung ist. Die Auswahl der „productions“ erfolgt dann im selben Maß kontextsensitiv, indem diese Kontextinformationen wahrgenommen und darauf basierend entsprechend aussichtsreiche „productions“ ausgewählt werden.

5.4.6 Bezugssystemtheorien

In Abschnitt 4.3.7.5.2 auf Seite 130 wurde ein Aspekt aus der Realitätserzählung aufgegriffen, der sich mit der Erfahrung des Individuums mit seinen spezifischen mentalen Zuständen befasst. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Wahrnehmung und die Bewertung durch Individuen offenbar nicht relativ zu einem invarianten Fixpunkt durchgeführt wird, sondern dass diese Norm Veränderungen unterlegen ist. Daraus folgt, dass z.B. die Bewertung einer Außentemperatur von 10 °C im Winter als außergewöhnlich milde und im Sommer als außergewöhnlich kalt bewertet wird, obwohl das physikalische Maß der Temperatur identisch ist. Die Feststellung, dass die Bewertung relativ zu sich ändernden Normen erfolgt, ist im Rahmen dieser Arbeit natürlich von außerordentlicher Bedeutung: In den zurückliegenden Abschnitten wurden viele unterschiedliche Theorien und Methoden zur Wahrnehmung dargestellt. Unter diesen gehen insbesondere diejenigen Methoden, die die sensorische Wahrnehmung von Umgebungsbedingungen rechnerisch darstellen (z.B. die PMV-Theorie von [Fanger 1970]), von einem Bewertungsprozess aus, der relativ zu einem *invarianten* neutralen Punkt erfolgt. Die Bewertung zweier - aus physikalischer, messtechnischer Sicht identischer - Situationen muss jedoch unterschiedlich ausfallen, wenn die jeweiligen neutralen Punkte zueinander verschoben sind. Wenn man außerdem berechtigterweise davon ausgeht, dass Störungskorrekturhandlungen durch die Abweichung der Umwelteigenschaften von einem subjektiven Optimum ausgelöst werden, so hat die Verschiebung des Referenzrahmens unmittelbare Folgen für das Auftreten dieser Handlungen. Durch Handlungen werden die Umwelteigenschaften jedoch verändert, was wiederum die Anpassung des Referenzrahmens zur Folge hat. Hier zeichnet sich also eine dynamische Wechselwirkung zwischen Individuum und Umwelt ab, deren Berücksichtigung vollständig in Übereinstimmung mit der Absicht dieses Abschnitts ist, den „Kontext“ von Störungskorrekturhandlungen zu konzeptualisieren. Die Betrachtung lässt sich erweitern, indem sich z.B. auch leicht vorstellen lässt, dass sich das Sicherheitsempfinden mit der Veränderung der Bezugsnorm verändert, beispielsweise indem sich ein Individuum über einen bestimmten Zeitraum an eine spezifische Sicherheitslage gewöhnt hat und diese - mittlerweile - als „normal“ einstuft. Ein weiteres Beispiel dafür sind Individuen, die aus ländlichen Gegenden in eine Großstadt ziehen und es dort i.d.R. als hektischer, lauter und schmutziger empfinden, als Individuen, die schon längere Zeit dort leben. Kommen sie wieder zurück, so schätzen sie die Kleinstadt wiederum als ruhiger und sauberer ein als zuvor ([Hellbrück & Fischer 1999]). Da Bezugssystemtheorien einen so weitreichenden Einfluss ausüben und sich eben nicht allein auf die sensorische Wahrnehmung auswirken, erfolgt die Darstellung erst an dieser Stelle der Arbeit.

Im Rahmen dieses Abschnitts soll also eine Theoriegruppe eingeführt werden, die sich mit der Ausbildung und Veränderung von Bewertungsnormen befasst und die entsprechenden Zusammenhänge konzeptualisiert. Diese Theorien zeigen, dass Wahrnehmungsurteile von der internen Referenzgrundlage abhängig sind. Während also das *objektive c-g-s-Normsystem* („centimetre-gram-second“) unveränderlich ist, entwickeln sich *psychologische Normsysteme* individuell durch das Erleben der und durch die Anpassung an die Umwelt. Dabei ist diese Normverschiebung - wie oben bereits bemerkt - nicht auf die sensorische Wahrnehmung von Umgebungsbedingungen beschränkt.

Verschiedene Theorien lassen sich als Bezugssystemtheorie einordnen und befassen sich somit mit der Entstehung und der Wirkung von Referenzrahmen. Das historisch früheste ist die „Adaptation-Level-Theory“ von [Helson 1964], andere Beispiele sind das „Range-Frequency-Model“ von [Parducci 1965] oder die „Ähnlichkeits-Klassifikations-Theorie“ von Sarris (siehe [Sarris 2004]). An dieser Stelle soll jedoch lediglich die „Adaptation-Level-Theory“ näher betrachtet werden, um einige generelle Einsichten in die Sichtweise von Bezugssystemtheorien zu erhalten. Die nachfolgenden Ausführungen basieren daher - sofern nicht anders gekennzeichnet - sämtlich auf [Helson 1964].

Das zentrale Anliegen von [Helson 1964] war, ein dynamisches Konzept der Adaptation bzw. der Anpassung zu liefern, das sich auf quantitative Daten anwenden lässt und quantitative Daten liefert. Helson betrachtete seine Theorie dabei als eine Art „Relativitätstheorie“, da Verhaltensphänomene stets relativ zum Zustand des Organismus auftreten und aufgrund von Gesetzmäßigkeiten auf der Basis von Situations- und Persönlichkeitsmerkmalen vorhersagbar sind. Diese Gesetzmäßigkeiten drücken sich insbesondere durch die Veränderung des

Adaptationsniveaus („adaptation-level“) aus, also der Referenzskala, anhand welcher die eigene Positionierung innerhalb der Umwelt erfolgt. Diese Veränderung des Adaptationsniveaus kann sich in Veränderungen der individuellen Einstellungen, Empfindungen, Bewertungen oder auch der Leistung manifestieren. Allerdings ist das Adaptationsniveau an die „Objektklasse“ gebunden: Das Urteil „groß“ wird zwar stets mit Bezug auf eine Referenz gefällt, dennoch bestehen bei diesem Urteil Unterschiede zwischen einer großen Maus, einem großen Mann und einem großen Elefanten (also zwischen diesen Objektklassen).

Das Konzept „Adaptation“ wird traditionell in vielen unterschiedlichen Bereichen verwendet und erhält dadurch eine relativ unpräzise Bedeutung. In der Biologie wird Adaptation z.B. in einem sehr grundsätzlichen und breit angelegten Sinne als die für das Überleben erforderliche Anpassung von Organismen an ihre Umwelt verstanden. In der Physiologie hingegen bezeichnet Adaptation, viel spezifischer, die Veränderung der Depolarisierungsschwelle der Sensoren aufgrund von Reizdarbietungen. Von beiden Definitionen setzt sich Helson ab: „Adaptation defined in the general biological sense as the ‚adjustment of internal to external relations‘ is too broad to serve the purposes of an experimental-quantitative approach to problems of behavior“ ([Helson 1964], S. 57). Außerdem: „Just as the general biological definition of adaptation is too broad, so is the concept of adaptation in its narrowest sense of sensory adaptation too narrow for our purposes. We need a definition of adaptation which will encompass not only sensory adaptation but also many other phenomena of behavioral adaptation“ ([Helson 1964], S. 58). Daraus wird bereits erkennbar, dass die Motiviation für die Entwicklung der „Adaptation-Level-Theory“ für Helson nicht ausschließlich darin bestand, Urteilsprozesse zu konzeptualisieren, sondern insbesondere darin, die Varianz von Verhalten („behavior“) aufgrund sich verändernder Referenzrahmen zu erklären und zu prognostizieren („identifying sources of variance in behavior“, [Helson 1964], S. 59).

Die konkrete Definition von Adaptation bzw. Adaptationslevel im Sinne seiner Theorie nimmt bei Helson entsprechend häufig direkten Bezug zu Verhalten und dem Adaptationslevel als Ursache für die Varianz des beobachtbaren Verhaltens ([Helson 1964], S. 62):

- *Der Adaptationslevel (AL) wird als gewichtetes Mittel der fokussierten Reize X, der gleichzeitig vorhandenen Hintergrundreize B und der residuellen, d.h. im Gedächtnis gespeicherten, Reize R definiert. Der Adaptationslevel A kann gemäß der Gleichung $A = X^p B^q R^r$ operationalisiert werden, wobei p, q und r Wichtungsfaktoren darstellen, die den relativen Beitrag der einzelnen Reizgruppen beziffern (wobei p, q und r in Summe Eins ergeben, [Helson 1964], S. 58/59).*
- *Der aktuelle AL wird immer als Nullpunkt (Neutralpunkt, Punkt subjektiver Indifferenz PSI) betrachtet („zero of function“), sodass sich Abweichungen davon sowohl nach oben als auch nach unten (positiv) auf das Verhalten auswirken („exert positive effects on behavior“).*
- *Reaktionen auf eine Reizdarbietung („responses to stimulation“) sind somit immer eine Äußerung der Abweichung dieser Reizdarbietung vom aktuellen AL.*
- *Die Intensität dieser Reaktion („intensity of response“) skaliert sich mit dem Abstand der Reizstimulation vom aktuellen AL. Je größer der Abstand, umso größer fällt die Reaktion aus.*
- *Verhalten kann im Wesentlichen als bipolar betrachtet werden: Positive und negative Abweichungen äußern sich als Gegensatzpaare, wie z.B. angenehm-unangenehm oder Annäherung-Vermeidung. Am Neutralpunkt ist Verhalten indifferent, neutral.*
- *Lebewesen mitteln Sinneseindrücke über Raum und Zeit. Dabei gehen alle Dimensionen und Eindrücke in diesen Mittelungsprozess ein, z.B. Fläche, Intensität, Frequenz, Nähe, Neuheit, Stimulationsreihenfolge, affektive Qualität. Zusätzlich spielen für die Etablierung eines AL die Aufgabe, die Instruktionen, der organische und kognitive Status des Lebewesens und seine genetischen Faktoren eine Rolle.*
- *Nicht nur Wahrnehmungs- und Bewertungsvorgänge sind eine Funktion des AL, sondern ebenfalls kognitive und sensomotorische Prozesse, Fähigkeiten und Lernvorgänge.*

Der aktuelle Adaptationslevel beeinflusst also gemäß Helsons Definition die Ausrichtung und die Intensität des Verhaltens. Dabei stellt sich die Frage, welche Eigenschaften von „Verhalten“ mit der Etablierung und der Veränderung des Adaptationslevels assoziiert sind. Insgesamt identifiziert Helson sieben *Verhaltenseigenschaften*, die Ausdruck oder Teilprozess grundlegender adaptiver Mechanismen sind ([Helson 1964], S. 64, Kapitel 3):

Die erste dieser Eigenschaften ist die bereits im Rahmen der Definition angesprochene *Bipolarität des Verhaltens*. Dieses bipolare Verhalten (Annäherung - Vermeidung, störend - begünstigend, angenehm - unangenehm, weit - nah, schön - hässlich) ist nicht dichotom, sondern wird i.d.R. in mehr oder weniger feine Gradstufen aufgeteilt (slightly cool - cool - cold). Diese Verfeinerung kann bis zur kleinsten Einheit „Unterschiedsschwelle“ fortgeführt werden.

Die *Zusammenführung und Integration von Sinneseindrücken* stellt eine weitere Eigenschaft dar, die Verhalten im Sinne der AL-Theorie bestimmt. Dies kann sich auf die sensorische (Vereinigung der Sinneseindrücke verschiedener Sensoren zu einem Gesamteindruck, multimodale Wahrnehmung) oder die raum-zeitliche Integration beziehen. Eine besondere Rolle spielt die kognitive Integration von Eindrücken und Informationen über die Zeit, da ansonsten kein Erkennen von Mustern bzw. von Ordnung im Ablauf der Dinge und somit auch keine Prognose zukünftiger Zustände möglich wäre. In jedem zeitlichen Verlauf hinterlässt ein Stimulus ein Residuum, einen Nacheffekt, der die Wahrnehmung der folgenden Stimuli mitbestimmt, sodass die Integration über die Zeit eine Basisvoraussetzung für die Ausbildung des Adaptationsniveaus darstellt.

Aus der Fülle der Eindrücke erhalten manche Stimuli jedoch mehr und andere weniger Gewicht. *Gewichtung aufgrund der Besonderheit eines Stimulus* ist daher eine weitere bestimmende Eigenschaften für Verhalten. Dies wird z.B. durch die Theorien der Aufmerksamkeit beschrieben (Abschnitt 5.4.2 auf Seite 228), die besagen, dass die Salienz eines Reizes u.a. durch seine Distinktheit bestimmt wird. Im Sinne der AL-Theorie unterscheiden sich saliente Reize erheblich vom neutralen Punkt bzw. dem Punkt der subjektiven Indifferenz.

Als vierte Verhaltenseigenschaft nennt Helson die *Nichtlinearität zwischen Stimulus und darauf folgender Reaktion* („nonlinear response tendencies“), die sich bereits im Weber-Fechner-Gesetz zeigt (Abschnitt 5.4.3.6.2 auf Seite 238). Als besonders eingängiges Beispiel verweist Helson in diesem Zusammenhang auf die übliche Über- und Unterschätzung von Quantitätsmaßen jeder Art (Länge, Gewicht, Frequenz, [Helson 1964], S. 95). Das Maß der jeweiligen Unter- bzw. Überschätzung ist dabei umso geringer, je geringer der Unterschied zwischen aktuellem Stimulus und Adaptationslevel ist: „Whether or not the lightness of a gray stimulus will be overestimated or underestimated relative to another depends upon the relations of the two stimuli to the adaptation levels (among other things) prevailing at the time of judging them“, [Helson 1964], S. 102.

Variabilität und Oszillation sind weitere Aspekte beobachtbarer Reaktionen, die mit dem Adaptationsniveau in Verbindung stehen. Sie dienen dazu, dem Lebewesen den Umgang sowohl mit extrem intensiven als auch mit extrem schwachen Stimuli zu ermöglichen und stellen somit ein Mittel der Balance dar. Auf physiologischer Ebene dient z.B. die variable Pupillengröße dazu, das Lichtangebot auf der Retina zu regulieren, während ein variabler venöser Blutfluss die Regulation der Wärmeverluste des Körpers in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur ermöglicht. Durch Anstieg des Adaptationsniveaus infolge der Konfrontation mit intensiven Reizen verlieren objektiv intensive Reize also an Reizintensität. Das Erleben von Reizen mit geringer Intensität senkt hingegen das Adaptationsniveau und erhöht somit die Sensitivität für schwache Reize. Organismen sind also darauf vorbereitet durch Adaptation mit einer großen Bandbreite an Umweltbedingungen zurechtzukommen.

Dennoch existieren *optimale Bereiche*, in denen der Umgang mit der Umwelt mit Leichtigkeit und mit wenig Aufwand gelingt. Jenseits dieses relativ breiten Bereichs sinkt die Leistungsfähigkeit ab und der Bewältigungsaufwand steigt überproportional an.

Den klarsten Ausdruck findet die AL-Theorie schließlich im Begriff des „*output-input matching*“. Mit diesem Begriff beschreibt Helson, dass die Reaktionsintensität auf einen Reiz die Tendenz aufweist, der Intensität des Reizes zu „folgen“ („level of output tends to match the level of input“, [Helson 1964], S. 124). Damit wird letztlich zum Ausdruck gebracht, dass der Adaptationslevel mit der Intensität der zum AL beitragenden Reize

kovariiert. Was als hell oder dunkel empfunden wird, wird durch die gewichteten Helligkeiten innerhalb des Sichtfeldes bestimmt, was als schwer oder leicht empfunden wird, wird durch das gewichtete Mittel der zuletzt beurteilten Gewichte bestimmt, usw. In Bezug auf das hier betrachtete Problemfeld kann das bedeuten, dass ein Individuum, das häufig und regelmäßig höheren sommerlichen Temperaturen in Gebäuden ausgesetzt ist, diese Temperaturen mit der Zeit zunehmend als akzeptabler (oder „neutraler“) empfindet, da sich sein Adaptationslevel in Richtung höherer Temperaturen verändert. Ist das Individuum hingegen nur selten oder niemals höheren sommerlichen Temperaturen ausgesetzt, wird sich der Adaptationslevel voraussichtlich in einem niedrigeren Temperaturbereich etablieren.

Helson elaboriert diese Grundlagen der Adaptation-Level-Theory in verschiedene Richtungen. So wendet er die Theorie auf psychophysikalisches Urteilen, (insbesondere visuelle) Wahrnehmung, Affekt und Motivation, Lernen, Leistung und Kognition im Allgemeinen, Persönlichkeit und interpersonelles Verhalten an. Eine Zusammenfassung dieser Ergebnisse ist allein aus Kapazitätsgründen nicht möglich, allerdings sind auch nicht alle diese Ergebnisse im Sinne dieser Arbeit interessant. Da sich jedoch ein großer Teil der bisherigen Arbeit mit psychophysikalischen Urteilen befasst hat, sollen einige diesbezügliche Grundzüge der AL-Theorie geschildert werden.

Ein primäres Demonstrationsbeispiel für den Einfluss des Adaptationsniveaus auf psychophysikalische Urteile ist das Vergleichen und Einordnen von Gewichten. Dabei werden Versuchspersonen aufgefordert, eine Serie von Gewichten nacheinander auf einer Gewichtsskala von 0 bis 100 (100 entspricht „schwer“) einzuschätzen. Im Vordergrund der Betrachtung steht dabei die Abhängigkeit dieser Einschätzung vom akuten Adaptationsniveau. Bei der Berechnung des Adaptationslevels unterscheidet Helson drei unterschiedliche Präsentationsbedingungen:

1.) Die Einschätzung erfolgt vor dem Hintergrund eines Vergleichswertes, der *Anker* genannt wird. Dieser Anker wird der Versuchsperson vor dem Beginn des Versuchs präsentiert, sodass alle Folgestimuli relativ zu diesem Anker beurteilt werden können. Die Präsentation dieses Ankers trägt dabei bereits zur Ausbildung des Adaptationslevels bei. Diese Methode nennt Helson *relative Methode*, da die Einschätzung stets relativ zu diesem Anker erfolgt. Er verwendet hierfür folgende Gleichung:

$$\log(\text{AL} + 0,75d) = (3/n \times \sum_1^n \log(X_i) + \log(C))/4$$

Dabei stellen die X_i die n Stimuli (in diesem Fall die Gewichte) der bisherigen Serie und C den Anker (in diesem Fall das Vergleichsgewicht) dar. Stimuli und Anker werden in dieser Gleichung im Verhältnis drei zu eins gewichtet, sodass die logarithmische Summe durch vier geteilt werden muss (dieser Verhältniswert kann von Fall zu Fall variieren). Zu beachten ist, dass der AL durch die fortschreitende Präsentation einer laufenden Veränderung unterworfen ist. Die Größe d mit dem Vorfaktor 0,75 beschreibt Helson als Mittel, die Intervallbreite zwischen den einzelnen, präsentierten Stimuli zu berücksichtigen. Der AL (in diesem Fall in Form einer Gewichtsangabe) lässt sich dann durch Delogarithmieren aus dieser Gleichung ermitteln.

2.) Ohne Anker bildet sich der AL ausschließlich durch Präsentation der Stimulusfolge aus, d.h. der Ankerwert C und das Wichtungsverhältnis von 3:1 entfallen aus der Bestimmungsgleichung. Helson nennt dies die *absolute Methode* (da die Bewertung nicht relativ zu einem Anker erfolgt), für die sich die Bestimmungsgleichung entsprechend vereinfacht:

$$\log(\text{AL} + 0,75d) = 1/n \times \sum_1^n \log(X_i)$$

3.) Besteht der Anker allerdings nicht ausschließlich aus einem singulären, identifizierbaren Wert, sondern existieren darüber hinaus Residuen aus Vorerfahrungen Z , so formuliert Helson aus einem durch w_1 und w_2 gewichteten Mittel von C und Z einen *Gesamtanker*. In diesem Fall erweitert sich der ursprüngliche Ankeranteil C zu:

$$[w_1 \times \log(C) + w_2 \times \log(Z)] / (w_1 + w_2)$$

Aus der Abbildung 89 ist das Auftreten und die Wirkung des AL in einem realen Versuch deutlich erkennbar. Versuchspersonen wurden Gewichte von 200, 250, 300, 350 und 400 Gramm in aufsteigender Reihenfolge präsentiert und dazu aufgefordert, das Gewicht jeweils einer Beurteilungsskala von 0 bis 100 zuzuordnen (leicht bis schwer). In drei der dargestellten Versuche wurden Anker verwendet (100, 300 und 900 Gramm, jeweils an den Kurven vermerkt) und in einem Versuch nicht. Je höher das Ankergewicht war, umso leichter wurden die Gewichte der Serie von den Versuchspersonen eingeschätzt (vertikale Verschiebung der Kurven nach oben mit leichterem Anker). Der AL, also der neutrale Punkt, welcher „Indifferenz“ beschreibt (dem Wert 50 auf der Beurteilungsskala des Versuchs entsprechend), steigt entsprechend mit zunehmendem Gewicht des Ankers. Es ist außerdem zu sehen, dass die Kurven nach oben gebogen sind, was besonders deutlich für die absolute Methode (ohne Anker) zutage tritt. Hieran lässt sich die Verschiebung des AL mit jedem neu präsentierten Stimulus erkennen: Neu hinzukommende Gewichte werden immer relativ zu einem im Versuchsverlauf ansteigenden AL bewertet, sodass die Differenz nicht im gleichen Maß ansteigt wie die Versuchsgewichte. Würden die Gewichte in der umgekehrten Reihenfolge präsentiert, so wären die Kurven aufgrund des gleichen Zusammenhangs nach unten gebogen (siehe z.B. [Helson 1964], fig. 4.7).

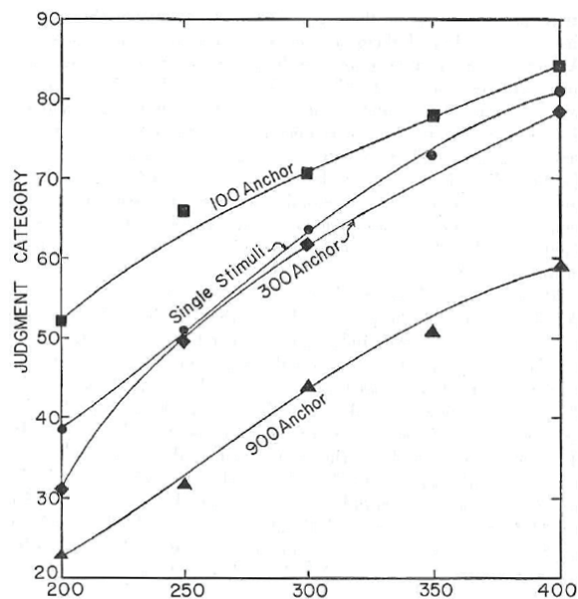


Abbildung 89

Subjektive Einschätzung des Gewichts (x-Achse in Gramm) auf einer Skala von 0 - 100 (y-Achse, leicht bis schwer) für eine Folge von Gewichten (200, 250, ..., 400 g) bei unterschiedlichen Ankerwerten (100, 300 und 900 g) und für die absolute Methode (ohne Anker). Bei der absoluten Methode stimmt der rechnerische AL mit dem rechnerischen AL für den Versuch mit dem 300 g-Anker nach den zuvor dargestellten Gleichungen nahezu überein. Dies wird durch die nahezu vollständige Übereinstimmung des Verlaufs der Gewichtseinschätzung für die Kurven „300 Anchor“ und „Single Stimuli“ empirisch bestätigt, Quelle: [Helson 1964], fig. 4.1.

Auf der Basis dieser Überlegung schlägt Helson vor, das Weber-Fechner-Gesetz umzuformulieren und somit der Ausbildung von Adaptationsniveaus besser gerecht zu werden. Das Weber-Fechner-Gesetz besagt (siehe Abschnitt 5.4.3.6.2 auf Seite 238), dass die Empfindungsstärke E proportional zum logarithmierten Verhältnis von aktueller Reizstärke R zu Absolutschwelle R_0 ist ($E = c \cdot \ln(R/R_0)$). Die Absolutschwelle wird jedoch als Fixwert betrachtet, sodass die Empfindung dem Weber-Fechner-Gesetz zufolge lediglich von der aktuellen Reizstärke abhängt. Dies ist offenbar nicht in Übereinstimmung mit der Erkenntnis Helsons, dass sich die Empfindungsstärke in Abhängigkeit des Adaptationslevels verändert. Er schlägt daher vor, den aktuellen Reiz stets auf den Adaptationswert zu beziehen und daraus die Empfindungsstärke abzuleiten.

Die subjektive Einschätzung eines Gewichts ist sicherlich nicht unmittelbar relevant für die Absichten dieser Arbeit. Die Darstellung dient jedoch im Rahmen dieser Arbeit auch lediglich als einfach zu handhabendes Beispiel für den offensichtlichen Einfluss der Adaptation bzw. Gewöhnung an wiederkehrende Reize. Helson schreibt: „If a given stimulus is repeated a sufficient number of times or exposed for a sufficient length of time, AL moves in the direction of the stimulus and nullifies its action to a considerable extent“ ([Helson 1964], S. 172). Wird diese Argumentation auf die thermische Wahrnehmung übertragen, so folgt daraus, dass ein und dieselbe Temperatur im Winter als wärmer empfunden wird als im Sommer. Darauf wurde bereits beispielhaft in der Einleitung eingegangen und die Ausführungen dieses Kapitels zeigen, dass sich dieser Effekt durch die AL-Theorie Helsons (oder auch durch alternative Bezugssystemtheorien) konzeptualisieren lässt. Neben der offensichtlichen Konsequenz, dass die Verschiebung des neutralen Punkts durch Adaptation entsprechende Folgen für das Auslösen von Störungskorrekturhandlungen haben muss, lässt sich daraus auch eine zweite folgenreiche Konsequenz ableiten: In Abschnitt 2.6 auf Seite 31 wurde bereits auf Studien hingewiesen, die zeigten, dass Nutzer natürlicher belüfteter Gebäude eine höhere neutrale Temperatur aufweisen als Nutzer klimatisierter Gebäude ([de Dear et al. 1997]). Dies ist in Übereinstimmung mit der AL-Theorie, da klimatisierte

Gebäude nur in Ausnahmefällen Temperaturen über 26 °C aufweisen, während in natürlich belüfteten Gebäuden - je nach Außenklima - auch Innenraumtemperaturen von mehr als 30 °C auftreten können. Nutzer natürlich belüfteter Gebäude sind also einem hohen Temperaturstimulus häufiger ausgesetzt, sodass sie mit der Zeit an diesen Stimulus adaptieren. Das bedeutet zunächst einmal, dass die als positiv gewürdigte bessere Akzeptanz höherer Temperaturen in natürlich belüfteten Gebäuden das Ergebnis einer erzwungenen Anpassungsleistung ist. Natürlich belüftete Gebäude erschaffen quasi Bedingungen, unter denen diese Bedingungen durch Adaptation akzeptabler werden. Diese Anpassungsleistung erfolgt jedoch nur zu bestimmten Kosten, die sich z.B. durch geringere Leistungsfähigkeit ausdrücken können. Dies gilt insbesondere, wenn man bedenkt, dass für die Anpassung an eine Temperatur T voraussichtlich regelmäßig eine Übertemperatur $T + \Delta T$ vorliegen muss. Darauf weist der oben dargestellte Versuch hin: In Abbildung 89 liegt der AL für den Versuch ohne Anker am Ende des Versuchs bei ca. 250 Gramm. Um diesen Wert kurzfristig zu erreichen, ist jedoch die Stimulation mit 400 Gramm erforderlich, also einem Übergewicht ΔG . Tritt diese Übertemperatur also nicht auf, so kommt es auch nicht zur Adaptation an die Temperatur T . Dies gilt zumindest so lange, wie die Temperatur innerhalb des Gebäudes zeitlichen Schwankungen unterlegen ist, wie es typischer Weise in natürlich belüfteten Gebäuden der Fall ist. Andererseits ist zu vermuten, dass die künstlich (meist in einem engen Rahmen) konstant gehaltenen Temperaturen in klimatisierten Gebäuden langfristig zur Adaptation an diese Raumtemperatur führen, ohne dass relevante Übertemperaturen vorliegen müssen. Ob jedoch diese Art Monotonie positiv zu bewerten ist, wird im nachfolgenden Abschnitt untersucht.

5.4.7 Aktivierungstheorien

Eine Grundsatzannahme dieser Arbeit besteht darin, dass zum einen eine Reihe von Bedürfnissen des Individuums existieren, die im Zusammenhang mit dem Gebäude und den Umgebungsbedingungen stehen, und dass es zum anderen handlungsmotivierend für das Individuum wirkt, wenn die Erfüllung dieser Bedürfnisse bedroht ist. Als eines unter mehreren Bedürfnissen wurde das Bedürfnis nach Behaglichkeit identifiziert, sodass - in Abschnitt 5.4.3.6 auf Seite 237 - die Theorie der Psychophysik dargestellt wurde. Diese Darstellung wurde um die ingenieurspezifischen Weiterentwicklungen ergänzt, die insbesondere zum Ziel haben, den Zusammenhang zwischen Reizintensität und Wohlbefinden herzustellen. Diese Theorien postulieren allerdings zeitlich konstante Zusammenhänge, die erfahrungsunabhängig und somit kontextinsensitiv sind. Der vorherige Abschnitt über Bezugssystemtheorien hat dann zeigen können, dass diese Annahme reale Zusammenhänge nicht ausreichend präzise wiedergibt. Individuen beurteilen ihre Umwelt stets vor dem Hintergrund eines Referenzrahmens, der sich in Abhängigkeit des Erlebten ausbildet und stetig verändert.

Die Frage, die in diesem Zusammenhang jedoch auftritt, betrifft die Kriterien, die zur Beurteilung von Umgebungsbedingungen herangezogen werden. In Übereinstimmung mit der Analyse der Realitätserzählung wurde bisher davon ausgegangen, dass es insbesondere die Intensität einer Umgebungsgröße ist, die bewertet wird. Zwar gibt die Realitätsanalyse keine konkreten Hinweise darauf, dass *zusätzliche andere* Kriterien für die Beurteilung existieren, jedoch stellt sich diese Frage vor dem Hintergrund der sehr homogenen Temperaturbedingungen, die üblicherweise in klimatisierten Gebäuden herrschen. Bereits [McIntyre 1980] hatte auf das Phänomen des „thermal boredom“ in Gebäuden hingewiesen, hervorgerufen durch eintönige und immer gleiche Temperaturbedingungen. Anekdotische Hinweise darauf gibt außerdem [Kwok 2000] und offensichtlich wird dieser Aspekt auch zunehmend für die Argumentation gegen klimatisierte und für natürlich belüftete Gebäude verwendet ([Candido & de Dear 2012]).

Der Adaptationslevel stellt - wie zuvor dargestellt - den Punkt subjektiver Indifferenz dar. D.h., dass Reize, deren Intensität dem Adaptationslevel entsprechen, ihre stimulierende Wirkung einbüßen. Eine zu große Reizdeprivation kann jedoch negative Folgen haben. Besonders augenscheinlich wurde dies durch die Experimente von [Bexton et al. 1954], welche die Auswirkung reduzierter Variationen der sensorischen Stimulation untersuchten. Der praktische Hintergrund ihrer Studie bestand in der Feststellung, dass die Aufmerksamkeit in stimulationsarmen Umgebungen und in der Folge die Leistungsfähigkeit erheblich abnahmen. Ihr Experiment bestand darin, dass sich Individuen über 24 h pro Tag in einer nahezu vollkommen stimulationsfreien Kammer aufhielten. Diese Kammern waren weitestgehend schalldicht, Kommunikation mit der Versuchsleitung war auf ein Minimum reduziert, die Versuchspersonen trugen transluzente Brillen, Handschuhe und zusätzlich Ohrenschützer und sollten sich darüber hinaus in einem weichen Bett aufhalten. Die Experimente konnten allerdings i.d.R. nicht länger als zwei bis drei Tage durchgeführt werden, ohne dass die Versuchspersonen abbrachen. Nach einer anfänglichen Phase der Entspannung und des Schlafes begannen sich die Versuchspersonen zu langweilen und diese Langeweile mit Singen und Selbstgesprächen zu bekämpfen. Sie wurden zunehmend unruhig und verärgert, gleichzeitig nahm ihre kognitive Leistungsfähigkeit ab (die auf verschiedenen Skalen in regelmäßigen Abständen gemessen wurde). Die Versuchspersonen berichteten, dass sie unfähig wären, zu denken und dass sie anfangen, Halluzinationen zu erleben. Diese reichten von verdrehten Farbeindrücken bis hin zur Wahrnehmung vollständiger, comicartiger Szenen. Dieses Maß an Deprivation ist offensichtlich außerhalb des Laborversuchs nicht zu erwarten. Die Experimente weisen jedoch darauf hin, dass ein Mangel an Stimulation negative Folgen haben kann und dass ein Minimalmaß an Stimulation auf den unterschiedlichsten Funktionsniveaus (z.B. sensorisch oder kognitiv) für das subjektive Wohlbefinden erforderlich ist.

Ein weniger drastischer Versuch, jedoch mit größerer inhaltlicher Nähe zu dem hier behandelten Problemfeld, wurde durch [Haber 1958] durchgeführt. In diesen Experimenten mussten die Versuchspersonen ihre Hände so lange in Wasser tauchen, das etwa der Hauttemperatur entsprach, bis die Hände an diese Temperatur adaptiert waren (d.h. bis die Versuchspersonen keine Stimulation mehr durch die Temperatur verspürten). Diese Temperatur wurde als Adaptationslevel AL bezeichnet. Im weiteren Verlauf tauchten die Versuchspersonen ihre Hände in Wasser anderer Temperatur und mussten - bevor die Thermosensoren der Haut an diese Temperatur

adaptierten - ein hedonisches Urteil zu ihrer Empfindung abgeben. Es zeigte sich, dass Temperaturabweichungen vom AL von ± 1 °C als die angenehmste Empfindung eingestuft wurden. Größere Abweichungen wurden dann zunehmend als weniger angenehm bzw. zunehmend als unangenehm eingestuft. Die daraus resultierende Kurve wird aufgrund ihrer Form Schmetterlingskurve genannt.

Dieses Experiment lässt also die Schlussfolgerung zu, dass gemäßigte Abweichungen vom AL durchaus als positiv empfunden werden können und dass zeitlich konstante Umgebungsbedingungen das Bedürfnis nach Behaglichkeit offenbar nicht vollständig erfüllen können. Trifft diese Annahme zu, so liegt die Vermutung nahe, dass nicht nur unzuträgliche Intensitäten von Umgebungsbedingungen, sondern auch eine unzureichende Variabilität dieser Bedingungen Auslöser für Störungskorrekturhandlungen sein können. So könnte eine im Übermaß zeitlich konstante Raumlufttemperatur das Bedürfnis wecken, das Fenster zu öffnen, um die Variabilität der Raumtemperatur zu provozieren und somit einen Temperaturstimulus zu erfahren.

Eine Konzeptualisierung dieser Zusammenhänge wurde beispielsweise durch [Wohlwill 1973] durchgeführt. Weder Hypo- noch Hyperstimulation sei vorteilhaft für das Wohlbefinden: „Both the animal research and the voluminous human literature on the effects of sensory deprivation have given dramatic evidence of the deleterious effects on behavior of marked reduction in the amount of stimulation present in an individual's environment“ ([Wohlwill 1973]). Wohldosierte Stimulation ist demnach notwendig und er schlägt vor, diese auf drei Dimensionen zu messen: Intensität, Diversität und Ordnung der Reize. Dabei bezeichnet die *Intensität* - wie bereits mehrfach hier beschrieben - ein quantitatives Maß, das innerhalb bestimmter Grenzen liegen muss, um weder zu einer Hypo- noch zu einer Hyperstimulation zu führen. *Diversität* bezieht sich hingegen auf den Bedarf nach Variabilität des Stimulus, ein Bedarf, der als eine Basiseigenschaften lebender Organismen betrachtet werden kann. Allerdings gilt auch hier, dass ein Überfluss an Diversität schnell zu Stress und mentaler Erschöpfung führen kann. Auch auf dieser Dimension stellt sich Wohlbefinden demnach primär bei mittleren Ausprägungen ein. Schließlich bezieht sich die Dimension *Ordnung* auf die Struktur des Reizes. Wohlwill zufolge kann der vergebliche Versuch, einem chaotisch erscheinenden und willkürlich auftretenden Reiz eine ordnende Struktur zuzuordnen, negative Folgen für das Wohlbefinden haben. Es besteht also ein Bedarf an Vorhersagbarkeit und Zuverlässigkeit, was offenbar in Übereinstimmung mit der Notwendigkeit ist, als handelndes Wesen R-S* bzw. S-S* Kontingenzen zu erlernen (siehe Abschnitt 5.4.4.1 auf Seite 302). Bezugspunkt für all diese Dimensionen stellt jeweils der aktuelle Adaptationszustand dar.

5.4.8 Einstellungen, Normen und Glaube

Im Rahmen der Analyse der Realitätserzählung wurde die Ausprägung von Präferenzen und Toleranzen als ein individuelles Merkmal festgehalten (siehe Abschnitt 4.3.6.8 auf Seite 114). Diese individuellen Präferenzen und Toleranzen können sich potenziell auf Ereignisse, Umgebungsbedingungen oder auch Arten von Störungs-korrekturhandlungen beziehen. In Zusammenhang mit der Nutzung regulativer Ausstattungselemente konnte dann auf der Basis der Realitätserzählung gezeigt werden, dass die Ausbildung von Präferenzen und Toleranzen aufgrund von *Einstellungen* des Individuums erfolgen kann (Abschnitt 4.3.8.6 auf Seite 138). So kann die (positive, neutrale oder negative) Einstellung zum Energieverbrauch offenbar Einfluss darauf nehmen, ob ein Ausstattungselement verwendet wird oder nicht. Einstellungen können also die Eigenschaften von Störungs-korrekturhandlungen mitbestimmen.

Dieser Abschnitt dient daher zum einen dazu, den Begriff der Einstellung theoretisch zu beschreiben. Außerdem soll jedoch, auf der Basis verschiedener Feldstudien, gezeigt werden, dass Einstellungen auf weit mehr Aspekte des Handelns Einfluss ausüben, als nur auf die Wahl des Ausstattungselementes im Rahmen einer Störungskorrekturhandlung.

Die generellen Ausführungen zum Begriff „Einstellung“ basieren weitestgehend auf den Ausführungen von [Asendorpf 2011]. Ihm zufolge wird unter diesem Begriff „die individualtypische Bewertung von Objekten der Wahrnehmung oder Vorstellung auf der Dimension positiv-negativ verstanden“ (S. 21). Die Verhaltensvorhersage auf der Basis *expliziter Einstellung* gelingt jedoch nur in geringem Umfang. Unter expliziten Einstellungen werden jene Einstellungen verstanden, für welche die Bewertung bewusstseinsnah erfolgt und welche dem Individuum direkt zugänglich sind. Nach [Fishbein & Ajzen 1975] ist es stattdessen die *Verhaltensintention*, die einen besseren Verhaltensprädiktor darstellt. Diese ergibt sich aus der gemeinsamen Betrachtung der (expliziten) Einstellung und der *subjektiven Norm*. Die sogenannte subjektive Norm wirkt wie eine Art soziale Verhaltenskontrolle: Sie beschreibt die subjektiv empfundene Verpflichtung des Individuums gegenüber anderen (nahestehenden) Personen, das einstellungskonforme Verhalten auch tatsächlich durchzuführen. Dies lässt sich an Alltagsbeispielen illustrieren: Die explizite (verbal geäußerte) Einstellung, das Auto weniger häufig zu nutzen und dafür häufiger zu Fuß zu gehen wird nur in dem Maß auch tatsächlich zu dem entsprechenden Verhalten führen, wie sich diese Person auch gegenüber Anderen zu einer Umsetzung verpflichtet fühlt. Einstellungen werden also nur dann verhaltensrelevant, wenn das in Frage stehende Verhalten nicht nur positiv bewertet wird, sondern auch eine Selbstverpflichtung zur Ausführung dieser Handlungen vorliegt.

Entfällt die soziale Kontrolle, so lassen sich große Diskrepanzen zwischen dem erfragten und dem ausgeführten Verhalten feststellen. Wird Verhalten *abgefragt*, so lässt sich z.B. die selbsteingeschätzte Steuerunehrlichkeit durch die Verhaltensintention (also durch explizite Einstellungen und subjektive Normen) gut vorhersagen. Wird Verhalten jedoch lediglich (anonym) beobachtet und nicht abgefragt, so versagt die Verhaltensintention als Prädiktor: Die vom Finanzamt real festgestellte Steuerunehrlichkeit weicht von der selbsteingeschätzten Steuerunehrlichkeit ab ([Asendorpf 2011], S. 104). Die Ursache dafür liegt in der generellen Tendenz von Individuen, auf *Befragungen* hin sozial erwünschte Antworten zu geben, sich aber dennoch - sofern die soziale Kontrolle des *Verhaltens* nicht vorliegt - anders zu verhalten.

Im Gegensatz zu den expliziten Einstellungen, sind die *impliziten Einstellungen* weitestgehend unbewusst und können somit nicht mittels direkter Befragung festgestellt werden. Stattdessen sind hierfür spezielle Tests erforderlich, die sekundäre Merkmale als Kenngröße verwenden. Der *implizite Assoziationstest* verwendet beispielsweise individuelle Reaktionszeiten als sekundäre Merkmale. Das Grundprinzip dieses Tests lässt sich am einfachsten mit Bezug auf eine konkrete Einstellung erläutern, z.B. der Einstellung zu Jugend und Alter. Durch die Versuchsperson werden zunächst einige Begriffe in negative und positive Begriffe kategorisiert (oder diese Begriffe sind eindeutig zuordenbar). Anschließend werden diese Begriffe in Kombination mit einem Merkmal des überprüften Einstellungsobjektes präsentiert. Dabei wird z.B. ein Bild eines jungen Gesichts mit einem positiv kategorisierten Begriff und ein Bild eines alten Gesichts mit einem negativ kategorisierten Begriff kombiniert und Pärchen dieser Art nacheinander präsentiert. Die Versuchsperson soll dann per Tastendruck (z.B. links-rechts) entscheiden, welche Kombination ihm gerade präsentiert wird. Anschließend werden die Paar-

kombinationen getauscht, d.h. ein junges Gesicht wird mit einem negativ kategorisierten Begriff und ein altes Gesicht mit einem positiv kategorisierten Begriff kombiniert. Die Versuchsperson wird daraufhin wieder aufgefordert, Begriffskombinationen per Tastendruck (z.B. links-rechts) zuzuordnen. In beiden Durchgängen wird die Reaktionszeit gemessen, die die Versuchsperson benötigt, um die Zuordnung vorzunehmen. Als Testergebnis dient der Vergleich der Reaktionszeiten beider Durchgänge. Davon ausgehend, dass einstellungskonforme Paarungen aufgrund ihrer assoziativen Organisation im deklarativen Gedächtnis einfacher und damit schneller gemeinsam aktiviert und somit verarbeitet werden können, äußern sich implizite Einstellungen dann durch schnellere Zuordnungszeiten für die einstellungskonformen Paarungen.

Allerdings muss jedoch festgestellt werden, dass weder die Kenntnis expliziter noch die Kenntnis impliziter Einstellungen *grundsätzlich* überlegen für die Verhaltensvorhersage ist.

Es existieren verschiedene Studien, die den Zusammenhang zwischen Einstellungen und Energieverbrauchsverhalten thematisieren. [Scherbaum et al. 2008] untersuchten z.B. die individuellen Faktoren, die das Energieeinsparverhalten von Arbeitnehmern bei der Arbeit bestimmen. Zu den individuellen Faktoren zählten umweltrelevante *Weltsichten* („environmental worldviews“) - ausgedrückt beispielsweise durch Aussagen wie „It is my right to use as much energy as I want“ oder auch „The United States are in the middle of an energy crisis“ - und die *persönlichen* (energieverbrauchsrelevanten) *Normen* - ausgedrückt beispielsweise durch Aussagen wie „Conserving energy and natural resources is important to me“ oder „Conserving Energy is not my problem“. Dabei wird mit dem Begriff der „persönlichen Norm“ ein persönlicher, moralischer Standard bezeichnet, also ein Standard, zu dem sich das Individuum sich selbst gegenüber verpflichtet, nicht Anderen gegenüber. Die untersuchten Variablen stellten einerseits Aussagen über das selbstberichtete Verhalten („self-reported behaviors“, z.B. „When I am finished using my computer for the day, I turn it off.“, „When I leave a room that is unoccupied, I turn off the lights.“, „When I leave my work area, I turn off my fan“) und andererseits Verhaltensintentionen („I would help University XXX conserve energy“, „I would change my daily routine to conserve energy“) dar. In dieser Untersuchung konnte dann die Varianz des (selbstberichteten) Energieeinsparverhaltens zu ca. 14 % durch die persönlichen Normen und die energierelevante Weltsicht erklärt werden. Darüber hinaus konnten knapp 59 % der Varianz der Verhaltensintentionen durch diese Variablen erklärt werden. Dies demonstriert deutlich, dass zwischen Einstellungen und (potenziellem) Verhalten ein signifikanter Zusammenhang besteht, dieser jedoch (erwartungsgemäß) nicht alleinbestimmend für das Verhalten ist.

[Lo et al. 2012] untersuchten neben dem Einfluss organisatorischer auch den Einfluss individueller Parameter auf das energierelevante Verhalten in Bürogebäuden. Zu den Individualparametern zählten dabei *Einstellungen*, *Selbstwirksamkeit* („self-efficacy“) und *subjektive Normen*.

Mit *Einstellungen* („attitudes“) beschreiben die Autoren die allgemeine Bewertung von Verhalten durch ein Individuum („overall evaluation of behavior“), eine Beschreibung, die der zuvor aufgeführten Definition der expliziten Einstellungen recht nahe kommt. Zusätzlich differenzieren sie jedoch hinsichtlich der instrumentellen und der Erlebensaspekte von Einstellungen und weisen damit auf die Verknüpfung zwischen der Einstellung und dem *Resultat* des Verhaltens (instrumentell) und zwischen Einstellung und dem *Tätigsein* (erleben) hin. Darüber hinaus betonen sie unter diesem Blickwinkel die Relevanz der persönlichen Norm („personal norm“, „moral norm“). Einstellungen äußerten sich beispielsweise durch Aussagen wie „I think it is a good cause [energy saving]...“ (mit Bezug auf die Verwendung von Computern) oder “I think I do it automatically [saving energy where possible]. It’s always, what is not needed, is not needed . . . I do it everywhere, at work and at home.” (in Bezug auf die Verwendung von Kunstlicht).

Das Konzept der *Selbstwirksamkeit* („self-efficacy“) beschreibt, ob ein Individuum seine Ressourcen, sein Wissen und seine Fähigkeiten als ausreichend beurteilt, um ein spezifisches Ziel zu erreichen. Einschätzungen zur Selbstwirksamkeit äußerten sich in Aussagen wie z.B. “. . . in the office environment, there’s not that much energy consumed, well, at least that I have control over. I can leave the lights off when I come in but that’s about it” ([Lo et al. 2012]).

Subjektive Normen beschreiben - wie bereits oben erläutert - die subjektive Wahrnehmung davon, wie andere Personen das eigene Verhalten beurteilen und inwiefern sich das Individuum diesen Personen gegenüber zu einem bestimmten (einstellungskonformen, sozial erwünschten) Verhalten verpflichtet fühlt ([Lo et al. 2012]).

Bezüglich der *Einstellungen* zum Energieverbrauch zeigten die Ergebnisse, dass in allen untersuchten Gebäuden ein relativ großer Konsens über die Notwendigkeit bestand, Energie einzusparen. Die Voraussetzung dafür war jedoch, dass dies anderen Zielen, persönlichen oder Arbeitszielen, nicht entgegenstand. Am positivsten wurde das Energiesparen eingestuft wenn es als Möglichkeit angesehen wurde, die Kosten zu reduzieren oder andere Vorteile damit zu erreichen. Häufig wurde es jedoch als inkompatibel mit Arbeitsqualität und -effizienz, dem persönlichem Komfort und der Bequemlichkeit angesehen. Energieeinsparung wurde somit häufig als Bedrohung für die Interessen der arbeitgebenden Organisation angesehen ([Lo et al. 2012]).

Die Relation zwischen Energieeinsparung und persönlichen Möglichkeiten zur Umsetzung dieses Ziels - ein Kernaspekt der *Selbstwirksamkeit* also - wurde weniger unter dem Blickwinkel mangelnden persönlichen Könnens als unter dem Blickwinkel organisatorischer Einschränkungen betrachtet. Energierrelevante Verantwortlichkeit wurde häufig an entsprechende Stellen delegiert („facility manager“, „top management“) und ein direktes Herantreten an diese Stellen nicht in Betracht gezogen. Mitarbeiter fühlten sich häufig nicht für energie-relevante Fragen verantwortlich.

Hinsichtlich der *subjektiven Normen* stellten [Lo et al. 2012] fest, dass sie eine nicht unerhebliche, jedoch eher implizite Rolle für das energierelevante Verhalten spielten. Diese Feststellung bezieht sich darauf, dass nur wenige Arbeitnehmer von sich aus auf die von ihnen wahrgenommenen Verhaltensnormen zu sprechen kamen. Allerdings lag ein hohes Bewusstsein für die Wirkung sozialer Normen vor, sodass insbesondere vom mittleren und höchsten Management erwartet wurde, diese vorzugeben (“You have to be aware of it [how much you print] . . . but there’s now a project for new photocopying machines . . . with the [ID] cards it will become possible to register who has printed how much ...“).

Diese Ausführungen zum Begriff „Einstellung“ und die zitierten Studien zeigen, dass die Betrachtung dieser Individualeigenschaft hilfreich sein kann, um individuell unterschiedliches, energierelevantes Verhalten (mit) zu erklären. Entsprechend ist zu erwarten, dass die Berücksichtigung dieser Eigenschaft im Rahmen eines Vorhersagemodells für das Interaktionsverhalten von Nutzern in Gebäuden ebenfalls sinnvoll ist. Nachfolgend soll jedoch darüber hinaus beispielhaft gezeigt werden, dass Einstellungen außerdem auch andere Aspekte des Handelns, insbesondere die Wahrnehmung und die Bewertung von Umgebungsgrößen, beeinflussen können.

[Shusterman et al. 1991] untersuchten z.B. das Auftreten chemosensorisch wahrgenommener Reizungen und toxischer Wirkungen - wie z.B. Kopfschmerzen, Übelkeit, Augen- und Rachenreizungen - von über 2000 Erwachsenen, die in unmittelbarer Nähe von drei gefährlichen Mülldeponien lebten. Alle Teilnehmer der Studie wurden dafür in eine von drei Kategorien eingeordnet, die den Grad der Angst vor giftigen Umwelteinflüssen („environmental worry“), widerspiegeln („none“, „some“, „very“). Die Anzahl der Wahrnehmungen von Gerüchen (eingeteilt in drei Kategorien: häufiger als vier Mal, seltener als vier Mal pro Monat, nie) korrelierte positiv und sehr deutlich mit dem Grad der Angst. Offensichtlich verstärkte also die Angst vor giftigen Umwelteinflüssen die Wahrnehmbarkeit der als bedrohlich eingestuften Emissionen. Innerhalb aller drei Häufigkeitskategorien zeigte sich jedoch darüber hinaus eine positive und deutliche Korrelation zwischen dem Angstgrad und den oben genannten Symptomatiken (Kopfschmerzen, Übelkeit, Augen- und Rachenreizungen). Die Angst steigerte demnach zusätzlich die tatsächliche toxische Wirkung der Emissionen.

[Dalton 1996] kam im Rahmen von Laborversuchen zu vergleichbaren Ergebnissen. Die Frage war, wie sich die Charakterisierung eines Geruchs durch den Experimentator auf den Zeitverlauf der subjektiven Geruchsintensität auswirkt. Es stellte sich heraus, dass diejenigen Versuchspersonen, für die der Geruch eine *positive* Charakterisierung durch den Versuchsleiter erhielt („natural extract from balsam trees that was often used in aromatherapy and had been reported to have positive effects on mood and health“), schnell und nachhaltig an den Geruch adaptierten. Nach 20 Minuten war die Intensitätsbewertung um mehr als 75 % des Anfangswerts abgesunken. Die subjektive Bewertung durch diejenigen Versuchspersonen, für die der Geruch eine *negative*

Charakterisierung erhielt („industrial solvent which, following long-term exposures, had been reported to cause problems with health and cognitive functioning“) folgte in der ersten Hälfte des Experiments der Bewertung des positiven Geruchs. In der zweiten Hälfte stieg die Intensitätsbewertung jedoch wieder nahezu auf den ursprünglichen Werte an. Die Resultate zeigen gemäß [Dalton 1996], dass offenbar nicht-sensorische Einflüsse auf die Wahrnehmung von Gerüchen existieren. Es handelt sich dabei offensichtlich um kognitive „top-down“ Prozesse, d.h., Informationen, (vermeintliches) Wissen und Erwartung über die Art und die potenziellen Folgen von Gerüchen beeinflussen deren Wahrnehmbarkeit.

Die bereits erwähnte Studie von [Miedema & Vos 1999] über die Lästigkeit von Verkehrslärm erfasste neben verschiedenen demografischen Größen auch die (wirtschaftliche) Abhängigkeit von der Lärmquelle (z.B. als Angestellter einer Fluglinie), die Benutzung der Lärmquelle (z.B. Häufigkeit der Verwendung von Flugzeugen als Transportmittel) und die Angst in Bezug auf Transportmittel (z.B. vor Unfällen). Es zeigten sich signifikante Einflüsse auf die Empfindung von Lästigkeit in Abhängigkeit dieser Parameter: Die wirtschaftliche Abhängigkeit und die häufige Verwendung führten zu einem geringeren Maß an empfundener Lästigkeit, während die Angst in Zusammenhang mit einem Transportmittel die empfundene Lästigkeit deutlich erhöhte. Zu vergleichbaren Resultaten kamen [Pedersen & Waye 2004] in Bezug auf Windräder: Das Maß der Lästigkeit durch Lärm war in ihrer Felduntersuchung positiv mit einer negativen Einstellung zu Windrädern im allgemeinen und zu der visuellen Erscheinung von Windrädern korreliert. Diese Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit dem bereits in Abschnitt 5.4.3.6.5 vorgestellten Lärm-Lästigkeitskonzept von [Guski et al. 1999], in dem die Einstellung zur Lärmquelle als ein mitbestimmender Faktor genannt wurde.

6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSSICHT



In dieser Arbeit wurde ein heuristisches Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, die prognostische Simulation des energieverbrauchsrelevanten, menschlichen Interagierens mit Gebäuden realitätsgerechter zu gestalten, als es bisher gelang. In diesem Verfahren wurden zunächst diejenigen „Realitätskomponenten“ ermittelt, taxonomisiert und in eine ontologische Beziehung gesetzt, von denen ein mittelbarer oder unmittelbarer Einfluss auf das Interaktionsverhalten zu erwarten ist. Anschließend wurden, ausgehend von dieser Ordnung des subjektiven Realitätsbildes des Gebäudenutzers, zielgerichtet psychologische Rahmentheorien identifiziert, die eine wissenschaftliche Konzeptualisierung des Problemfelds auf der Basis von Kausalzusammenhängen ermöglichen.

Die Notwendigkeit, ein valides Prognosemodell für das energieverbrauchsrelevante menschliche Interagieren mit dem Gebäude zur Verfügung zu haben, wurde im einleitenden Abschnitt 1 dieser Arbeit dargestellt. Es ist bekannt, dass der Verbrauch fossiler Energieträger längerfristig die Erwärmung des Erdklimas nach sich zieht. Gleichzeitig führt die Verknappung der Ressourcen zunehmend zu politischen Spannungen, die kriegerische Auseinandersetzungen begünstigen oder sogar herbeiführen können. Daher ist es erforderlich, den Verbrauch fossiler Energieträger zu reduzieren. Da der Gebäudesektor einen sehr großen Anteil dieses Gesamtenergieverbrauchs verursacht, liegt in diesem Sektor gleichzeitig ein hohes Potenzial für die erforderliche Energieeinsparung. Hier bieten sich - grob gesehen - zwei Strategien an: Umstieg auf regenerative Energiequellen einerseits und Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden andererseits. Die gegenwärtige Höhe des Energieverbrauchs lässt eine einseitige Strategie nicht zu, sodass Energieeffizienzmaßnahmen stets eine bedeutende Rolle bei der Verfolgung des Ziels einnehmen werden, den fossilen Energieverbrauch zu senken. Energieeinsparung durch Energieeffizienz lässt ist jedoch ohne den Nutzer des Gebäudes, der ja durch seine Interaktionen mit dem Gebäude für zahlreiche Energieströme verantwortlich ist, nicht denkbar.

Durch ordnungspolitische Rahmenseetzungen wurden die Anforderungen an den Energieverbrauch von Gebäuden im Laufe der vergangenen Jahrzehnte stetig verschärft. Um in der Planung außerdem einen Vergleich unterschiedlicher Gebäude und eine grobe Vorhersage des Energieverbrauchs zu ermöglichen, wurden in immer höherem Maß genormte Rechenverfahren eingesetzt. Da diese Verfahren jedoch standardisiert sind, lassen sich damit keine präzisen Vorhersagen für einzelne Gebäude in ihrem spezifischen Kontext treffen. Hierfür eignet sich jedoch die Methode der dynamischen, thermischen Gebäudesimulation. Bei diesem Verfahren wird ein individuelles Gebäude mit seinen Spezifika möglichst exakt „abgebildet“, um dann auf dieser Basis Vorhersagen über die zukünftigen Innenraum-Umgebungsbedingungen und die Energieverbräuche treffen zu können. Der Vorteil der thermischen Gebäudesimulation liegt eindeutig in der Möglichkeit, die spezifischen Randbedingungen und Eigenschaften eines Gebäudes bei der Gebäudeplanung zu berücksichtigen und somit erheblich realitätsnähere Prognosen abzugeben, als es mit genormten Rechenverfahren möglich ist. Allerdings weist die Methode der thermischen Gebäudesimulation auch mindestens drei Schwächen auf, welche zu einer erheblichen Verringerung der Prognosegenauigkeit führen können. Dazu zählt einerseits, dass für die Simulation naturgemäß auf historische und nicht auf zukünftige Wetterdaten zurückgegriffen wird. Darüber hinaus handelt es sich bei der Simulation um ein Knotenverfahren, d.h. für die Energieströme und die Umgebungsbedingungen werden keine Informationen über deren räumliche Verteilung, sondern lediglich raumweise (knotenweise) bilanzierte Einzelwerte berechnet. Schließlich - und dies ist das Problemfeld, das mit dieser Arbeit adressiert wird - lässt sich das Interaktionsverhalten des Nutzers mit dem Gebäude bisher nicht zuverlässig vorhersagen. Da jedoch die Energieeffizienz eines Gebäudes in einem erheblichen Maß von dem Verhalten des Nutzers abhängt, ist eine valide Prognose dieses Verhaltens essenziell für die Planung ressourcenschonender Gebäude.

Seit einigen Jahren arbeiten verschiedene Autoren daran, Prognosemodelle für das Interaktionsverhalten von Gebäudenutzern zu entwickeln. In Abschnitt 2 dieser Arbeit wurden die wesentlichen Arbeiten dazu dargestellt und kritisch beleuchtet. Sie lassen sich grob in drei Gruppen aufteilen: 1.) Einfache Steuerungsansätze mit fixierten Grenzwerten und ohne empirische Grundlage, 2.) stochastische Verfahren auf der Basis statistischer Analysen empirischer Daten, mit Interpretationsansätzen für isolierte kausale Zusammenhänge, jedoch ohne konzeptuellen Unterbau und 3.) stochastische Verfahren auf der Basis statistischer Analysen empirischer Daten, mit Interpretationsansätzen für kausale Zusammenhänge einschließlich Entwicklung eines konzeptuellen Unterbaus. Neben dieser - auf die Methodik abzielenden - Einteilung lassen sich die einzelnen Arbeiten hinsichtlich ihrer thematischen Zielrichtung differenzieren (z.B. Nutzung des Fensters, Nutzung des Kunstlichts,

usw.). Obwohl diese Modelle konkrete mathematische Algorithmen für die Vorhersage des Nutzerinteraktionsverhaltens liefern, existiert in der gesichteten Literatur kein einziger tragfähiger Beleg für die Validität dieser Modelle. So werden die Modelle, die in der Mehrheit der Fälle auf empirischen Daten beruhen, z.B. nicht anhand unabhängig erhobener Interaktionsdaten getestet. Stattdessen ist es häufig möglich, die - z.T. in Anspruch genommene - Allgemeingültigkeit der Modelle durch Vergleich zwischen den einzelnen Studien zu widerlegen.

Auf der Basis dieser Einzelfallbetrachtungen wurden dann in Abschnitt 3 die generellen Defizittendenzen dieser Modelle herausgearbeitet und dargestellt. Insgesamt wurden dabei vier Defizite festgestellt, die sich - mehr oder minder stark ausgeprägt - in allen analysierten Modellen wiederfinden. Zunächst ließ sich ein *Vollständigkeitsdefizit* in den bisherigen Arbeiten feststellen. Dies bezieht sich auf die unvollständige Berücksichtigung derjenigen „Realitätskomponenten“, die offenbar einen Einfluss auf das Interaktionshandeln des Gebäudenutzers ausüben. So wurden in der Mehrzahl der Modelle die Umgebungsbedingungen recht umfangreich für die Modellbildung berücksichtigt. Gebäudespezifische Merkmale wurden hingegen lediglich in wenigen Modellen einbezogen. Individualspezifische Merkmale und Merkmale überindividueller, sozialer Systeme wurden darüber hinaus lediglich vereinzelt und rudimentär in die Modelle integriert.

Dieses Vollständigkeitsdefizit wurzelt in einem *forschungssystematischen Defizit*. Dieses Defizit äußert sich darin, dass in der gesichteten Literatur keine Systematik präsentiert wird, anhand welcher die Auswahl der handlungsmittelbestimmenden „Realitätskomponenten“ erfolgt ist. Dies legt die Vermutung nahe, dass die Auswahl willkürlich getroffen wurde, ohne ein Verfahren für eine zielgerichtete Auswahl zu verwenden oder zu entwickeln. Relevante, also handlungsmittelbestimmende, „Realitätskomponenten“ bleiben in diesen Modellen somit in großem Maß unberücksichtigt, woraus eine geringe allgemeine Prognosekraft der Modelle folgt.

Im Weiteren lässt sich ein *methodologisches Defizit* identifizieren, welches darin besteht, dass in der weit überwiegenden Mehrheit Analyseverfahren verwendet werden, die lediglich *korrelative*, jedoch keine *kausalen* Zusammenhänge analysieren. Diese korrelativen Verfahren tragen nur sehr begrenzt zum *Verständnis* von Interaktionshandeln bei, sodass sich die Modelle nicht auf Konstellationen extrapolieren lassen, die bisher nicht messtechnisch beobachtet wurden. Die verwendeten korrelativen Analyseverfahren vereint darüber hinaus die Tatsache, dass sie „geschichtslos“ sind. Damit ist gemeint, dass die Vorhersagen stets auf der Basis *aktueller* Bedingungen erfolgen und somit zurückliegende Zustände nicht berücksichtigt werden.

Einige der bisher genannten Defizite sind außerdem die Folge eines *forschungsstrategischen Defizits*. Dieses äußert sich ganz allgemein in einem Mangel an Interdisziplinarität der bisherigen Forschungsarbeiten. Alle Forschungsarbeiten verwenden Methoden aus den Ingenieurwissenschaften, aus denen heraus sich die wissenschaftlichen Grundlagen für das *Verständnis* von Interaktionshandeln jedoch nicht generieren lassen. Stattdessen sind dafür der Import und die Adaptation von Erkenntnissen aus der Psychologie erforderlich.

Vor dem Hintergrund dieser Defizittendenzen lässt sich der eigene Forschungs- und Arbeitsansatz deutlich abgrenzen. Das Ziel dieser Arbeit setzte sich im Wesentlichen aus zwei Teilzielen zusammen, welche die Grundlagen für ein numerisches Prognosemodell auf der Basis psychologischer Rahmentheorien legen: Das erste Teilziel bestand in Abschnitt 4 darin, eine Heuristik zu entwickeln, um zu möglichst sicheren Erkenntnissen darüber zu gelangen, welche „Realitätskomponenten“ Einfluss auf das Interaktionshandeln von Gebäudenutzern und somit in der Konsequenz auf den Energieverbrauch eines Gebäudes ausüben. Daraus resultierte ein Verfahren, bei dem aus einer sogenannten „Realitätserzählung“ die subjektive Alltagsrealität eines Gebäudenutzers abgeleitet und sodann taxonomisiert und ontologisch dargestellt wurde. Die Ergebnisse dieses Schritts dienen dann als Grundlage für das zweite Teilziel, das daraus bestand, diejenigen Rahmentheorien aus der Psychologie zu identifizieren, die eine wissenschaftliche Konzeptualisierung der subjektiven Alltagsrealität und ihrer Auswirkungen auf das Interaktionshandeln ermöglichen. Dafür wurden in Abschnitt 5 die Verwendbarkeit und Adaptierbarkeit zahlreicher Theorien aus der Psychologie unmittelbar aus den Analyseergebnissen des Abschnitts 4 abgeleitet. Für diese Theorien wurden die wissenschaftlichen Grundlagen erläutert und darüber hinaus eine Vielzahl von Weiterentwicklungsmöglichkeiten im Sinne der thermischen Gebäudesimulation vorgeschlagen. Da diese beiden Abschnitte den Kern dieser Arbeit darstellen und ihre Ergebnisse als Basis für eine zukünftige Weiterentwicklung dienen, werden die Ergebnisse dieser Abschnitte im Folgenden detailliert zusammengefasst.

Das entwickelte heuristische Verfahren, das dazu dient, ein möglichst umfassendes Bild der handlungsmitbestimmenden „Realitätskomponenten“ zu erhalten, lässt sich als „Analyse einer Realitätserzählung“ bezeichnen. Mit Realitätserzählung ist eine Erzählung gemeint, die einen beispielhaften (verdichteten und somit fiktiven) Tagesablauf des Autors aus der Ich-Perspektive wiedergibt und dabei auch zahlreiche Interaktionshandlungen mit dem Gebäude umfasst. Allerdings treten diese Interaktionshandlungen dort nicht isoliert auf, sondern sie betten sich in eine kontinuierliche Erzählung des Tages ein. So wurde erreicht, dass nicht nur die Handlungen selber, sondern auch ihre Vorbedingungen und ihre Konsequenzen betrachtet werden können. Handlungen stehen hier in einem Kontext und verlieren somit ihre Mehrdeutigkeit. Dieses Verfahren, das möglicherweise auf den ersten Blick subjektiv und somit willkürlich wirken könnte, lässt sich zweifach rechtfertigen: Zunächst lässt sich die Übereinstimmung von Denkstrukturen und Sprachstrukturen anführen, die darauf schließen lässt, dass eine solche sprachlich gefasste Realitätserzählung die kognitiven Prozesse, die eine Handlung begleiten, gut erfassen kann. Darüber hinaus sind es nicht die objektiven Zusammenhänge der Realität, die das Handeln bestimmen, sondern eben das subjektive Realitätsbild des Nutzers. Dieses kann durch eine solche Erzählung ebenfalls gut erfasst werden. Beide hier angeführten Begründungen haben es außerdem erforderlich gemacht, die Realitätserzählung in einem alltagssprachlichen Stil zu verfassen, der von dem übrigen Sprachstil dieser Arbeit erheblich abweicht.

Eine solche Realitätserzählung kann nur dann gewinnbringend eingesetzt werden, wenn das dort erzählerisch dargestellte Realitätsbild in eine allgemeine Ordnung überführt wird. Der Abschnitt 4 befasst sich daher umfassend mit der Aufgabe, aus den beispielhaft in der Realitätserzählung auftretenden „Realitätskomponenten“ allgemeingültige Merkmale der Realität abzuleiten, diese zu taxonomisieren und ontologisch zu ordnen. Dafür wurde das Realitätsbild in vier übergeordnete Kategorialbereiche - *Umgebungsbedingungen*, *Gebäude*, *Individuum* und *überindividuelle Nutzungssysteme* - eingeteilt und diese Bereiche sukzessive taxonomisiert. Da diese Bereiche jedoch nicht unabhängig voneinander existieren, wurden zusätzlich die zahlreichen Interrelationen zwischen diesen Kategorialbereichen systematisiert. Insbesondere diese interrelativen Beziehungen können als eine formalisierte Beschreibung von „Handlungskontext“ angesehen werden.

Zusätzlich war es auf der Basis der Realitätserzählung möglich, unterschiedliche Typen von Handlungen (bzw. Aktivitäten) zu identifizieren und zu kategorisieren. Dazu zählen drei Aktivitätstypen: die *funktionalen Aktivitäten*, die, grob gesagt, die allgemeine Tätigkeit eines Individuums in einem Raum umfassen, die *Störungskorrekturaktivitäten*, die dazu dienen, Störungen dieser Tätigkeit zu beheben, und schließlich *Aktivitäten mit Individualzielen*, die dem Individuum weitestgehend dazu dienen, Ziele zu verfolgen, die nicht unmittelbar mit den funktionalen Aktivitäten zusammenhängen. Alle diese Aktivitäten beeinflussen, mittelbar oder unmittelbar, die Umgebungsbedingungen im Innenraum und wirken sich somit auf die Interaktionshandlungen des Nutzers und somit auf den Energieverbrauch des Gebäudes aus. Für die Störungskorrekturaktivitäten, zu denen die Interaktionshandlungen des Nutzers mit dem Gebäude zählen, war es außerdem möglich, eine vorläufige Grobartikulation des Handlungsprozesses aus der Realitätserzählung abzuleiten.

Ein Ergebnis dieser Verfahrensweise, das sich für den weiteren Verlauf der Arbeit als besonders nützlich erwiesen hat, bestand in der Identifikation der verschiedenen Bedürfnisse, die der Nutzer eines Gebäudes durch seine Handlungen zu befriedigen versucht. Hier zeigen sich die Vorteile des systematischen Vorgehens im Vergleich mit den bisherigen Forschungsarbeiten besonders deutlich: In den bisherigen Forschungsarbeiten wird - in den meisten Fällen implizit - davon ausgegangen, dass es das Bedürfnis nach Behaglichkeit ist, welches das Interaktionshandeln eines Gebäudenutzers motiviert. Durch das hier entwickelte und angewendete Verfahren ließen sich jedoch noch zahlreiche weitere Bedürfnisse identifizieren, die unmittelbar oder mittelbar einen Einfluss auf das Interaktionsverhalten ausüben. Zu den insgesamt identifizierten, für das Interaktionshandeln relevanten Bedürfnissen, zählen die Bedürfnisse

- *der Nahrungsaufnahme, zur Miktion und Defäkation und nach angemessener Bekleidung,*
- *nach behaglichen Umgebungsbedingungen und eigener Gesunderhaltung,*
- *nach Sicherheit und Privatheit im Gebäude,*

- seiner regulären Tätigkeit nachzugehen, nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes und seiner Bestandteile und nach Erhalt der Funktionalität der funktionalen Ausstattungselemente.

Diese Auflistung folgt einer Ordnung: Bei den Bedürfnissen des ersten Spiegelpunktes handelt es sich um Bedürfnisse, die allein auf das Individuum bezogen und damit weitestgehend unabhängig von dessen unmittelbarer Umwelt sind. Der zweite Spiegelpunkt umfasst hingegen Bedürfnisse, welche die Beziehungen des Nutzers zu den Umgebungsbedingungen betreffen, denen er ausgesetzt ist. Drittens existieren Bedürfnisse des Individuums, die das Gebäude und seine Eigenschaften und viertens Bedürfnisse, die sowohl die Umgebungsbedingungen als auch das Gebäude und seine Eigenschaften einbeziehen. Ergänzend dazu wurde das Bedürfnis identifiziert, die Handlungen zur Befriedigung dieser verschiedenen Bedürfnisse möglichst effizient durchzuführen.

Der Kontext, der diesen interrelativen Beziehungen übergeordnet ist, wird durch die überindividuellen Nutzungssysteme gebildet, in die das Individuum und seine Handlungen eingebettet sind. Diese überindividuellen Nutzungssysteme üben einen normierenden Einfluss auf die Aktivitäten und Eigenschaften des Individuums, auf die Eigenschaften des Gebäudes und auch auf die Eigenschaften der vorherrschenden Umgebungsbedingungen aus. Das bedeutet im konkreten Fall, dass dadurch die Varianz der auftretenden „Realitätskomponenten“ auf eine typische Art und Weise beschränkt sein kann: So ist mancherorts eine bestimmte Kleidung erforderlich (ein Anzug im Theater, eine Schutzbekleidung in der Werkstatt), mancherorts herrschen typische Temperaturen vor (im Schwimmbad, in der Sauna, im Büroraum) und mancherorts sind die Anwesenheitszeiten strikt geregelt (in der Schule) und mancherorts nicht (in der eigenen Wohnung).

Da überindividuelle Nutzungssysteme einen so umfassenden Kontext für das Verhalten im Allgemeinen und für das Interaktionshandeln im Speziellen darstellen, wurde in Abschnitt 5 zunächst nach psychologischen Rahmentheorien gesucht, die in der Lage sind, diesen Einfluss überindividueller Nutzungssysteme wissenschaftlich zu konzeptualisieren. Hierfür wurde die *Behavior Setting Theorie* von Roger G. Barker ([Barker 1968], [Barker & Wright 1954]) identifiziert, die sich durch ihre Eigenschaften als alternativlos für die Konzeptualisierung überindividueller Nutzungssysteme herausgestellt hatte. Dies lässt sich vor allem damit begründen, dass die Verknüpfung von psychologisch-sozialen Aspekten der Umwelt auf der einen Seite mit physisch-materiellen Aspekten der Umwelt auf der anderen Seite eine wesentliche Rolle in der Ökologischen Psychologie Barkers spielt. Da die Interaktionshandlungen von Individuen, die gleichzeitig in ein überindividuelles Geschehenssystem eingebunden sind, im Zentrum des hier betrachteten Problemfelds stehen, eignet sich die Ökologische Psychologie offensichtlich in besonderem Maße als psychologietheoretischer Ansatz.

Als Startpunkt für die Einführung individualpsychologischer Rahmentheorien wurden die systemtheoretischen Ansätze der *Handlungstheorien* ausgewählt. Diese Theorien bieten eine geeignete Verknüpfung zur Behavior Setting Theorie, da in beiden Theorien „Geschehen“ konzeptualisiert wird. Allerdings geschieht dies in der handlungstheoretischen Betrachtung mit einem deutlich höheren Detaillierungsgrad als in der Behavior Setting Theorie, die wiederum auf einem höheren Abstraktionsniveau allgemeiner angelegt ist. Handlungstheorien sind außerdem als Startpunkt geeignet, da sie in einer systematischen Reihenfolge auf alle relevanten individualpsychologischen Eigenschaften Bezug nehmen. Diese systematische Reihenfolge wird durch die Abfolge des Handlungsprozesses gebildet. Als geeigneter handlungstheoretischer Ansatz wurde das *Handlungsgrundmodell* von Kaminski ([Kaminski 1981], [Kaminski 1983a]), ergänzt durch die Arbeiten von Volpert ([Volpert 1983]), identifiziert und mit den Erfordernissen abgeglichen, die sich zuvor aus der Analyse der Realitätserzählung ergeben hatten.

Handlungsprozesse werden in der Regel eingeleitet, indem die individuelle Aufmerksamkeit auf ein Ereignis oder einen bestimmten Zustand gelenkt wird. Daher wurden Theorien zu Bewusstsein und Aufmerksamkeit im nächsten Schritt dargestellt. Darauf folgte die Beschreibung von Konzeptualisierungsansätzen für die konkrete Wahrnehmung und Bewertung dieser Ereignisse oder Zustände. Dieser Teil nimmt einen großen Raum in der Arbeit ein, da ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung und Bewertung einerseits und den individuellen Bedürfnissen andererseits besteht: Die Wahrnehmung und Bewertung von Zuständen führt zu einem Urteil darüber, ob die Bedürfnisse noch ausreichend befriedigt werden. Ist dies nicht der Fall, so steigt die Wahrscheinlichkeit für die Ausführung einer entsprechend zielgerichteten Handlung.

Dementsprechend wurde der Abschnitt über Wahrnehmung und Bewertung in Abhängigkeit der oben aufgeführten Bedürfnisse strukturiert. Zunächst wurden somit die Bedürfnisse betrachtet, die allein vom Individuum abhängen und somit nicht unmittelbar von äußeren Umständen bestimmt werden (Miktion, Defäkation, Nahrungsaufnahme, angemessene Kleidung). Für diesen Teil der Konzeptualisierung existieren allerdings keine psychologiethoretischen Ansätze, sodass auf der Basis von physiologischen Zusammenhängen einige potenziell anwendbare Konzeptualisierungsansätze entwickelt und geschildert wurden.

Bedürfnisse, die durch die Betrachtung der Interrelationen zwischen Individuum und Umgebungsbedingungen identifiziert wurden, umfassen primär das Bedürfnis nach Behaglichkeit (und Gesunderhaltung) in Bezug auf die sensorische Stimulation durch die energetischen und materiellen Umgebungsbedingungen. Dieser Bereich lässt sich durch Ansätze aus der *Psychophysik* und durch die partiellen ingenieurseitigen Weiterentwicklungen zur Bestimmung von *Unbehaglichkeitszuständen* konzeptualisieren. Allerdings wurde bei der ingenieurseitigen Weiterentwicklung i.d.R. nur in einem unzureichenden Maß darauf geachtet, zwischen den Konzepten „Empfindung“, „Wahrnehmung“ und „Bewertung“ zu unterscheiden, sodass darunter die Verwendbarkeit dieser Weiterentwicklungen leidet. Dieser Abschnitt wurde mit Blick auf die sensorischen Modalitäten organisiert und teilt sich somit in die Psychophysik der thermischen, der olfaktorischen und chemosensorischen, der akustischen und der visuellen Empfindung und Bewertung ein. Zusätzlich wurde auf Aspekte der multimodalen Wahrnehmung und auf das zeitgleiche Erleben verschiedener Umgebungsbedingungen eingegangen. Außerdem wurde beispielhaft dargestellt, welchen Einfluss individuelle Eigenschaften auf die Empfindung ausüben.

Eine weitere Gruppe von Bedürfnissen bezieht die Eigenschaften des Gebäudes mit ein und betrifft das Bedürfnis nach Sicherheit und das Bedürfnis nach Privatheit in Gebäuden. Unter dieser Überschrift wurden Theorien diskutiert, die bereits unter anderen Gesichtspunkten Eingang in die Architekturpsychologie erhalten haben. Hierzu zählt die *Territorialitätstheorie*, die Aspekte der Vertrautheit und der Privatheit von Räumen konzeptualisiert und von der aus Anknüpfungspunkte zur bereits diskutierten Behavior Setting Theorie hergestellt werden können. Die *Disorder-Theorie* und die *Prospect-Refuge-Theorie* befassen sich hingegen mit dem Erleben von Unsicherheit bzw. den baulichen Bedingungen, die für das Empfinden von Sicherheit erforderlich sind. Diese drei aufgeführten Theorien bieten verschiedene Ansatzpunkte, die für die Weiterentwicklung im Sinne der thermischen Gebäudesimulation aufgegriffen werden können.

Als Bedürfnisse, die sowohl Aspekte der Umgebungsbedingungen als auch Aspekte des Gebäudes betreffen, wurden aus der Analyse der Realitätserzählung drei Bedürfnisse abgeleitet. Zunächst existiert das Bedürfnis nach der gezielten Durchführung einer Aktivität. Dies betrifft die funktionalen Aktivitäten, die ein Individuum in einem Gebäude durchführt und das Maß, mit dem diese Aktivitäten durch den Einfluss von Umgebungsbedingungen gestört werden. Der zentrale Aspekt dieser Betrachtung besteht also nicht in der hedonischen Wirkung von Umgebungsbedingungen, sondern in der Zweckmäßigkeit der Bedingungen. Dabei stehen Informationsaufnahme-, Informationsausgrenzungs- und Informationsverarbeitungsprozesse im Vordergrund der Analyse. Zahlreiche Studien, die auch hier wieder getrennt nach sensorischen Modalitäten dargestellt wurden, demonstrieren die Abhängigkeit unterschiedlicher Aktivitäten von den Umgebungsbedingungen und zeigen, dass Abweichungen der Umgebungsbedingungen vom individuellen Optimum für das Auslösen von Störungskorrekturhandlungen verantwortlich sein können. Hiervon abzugrenzen ist das Bedürfnis nach Erhalt der Funktionalität der (hier sogenannten) funktionalen Ausstattungselemente („Werkzeuge“ wie z.B. ein Computermonitor). Unter *diesem* Blickwinkel wurde die störende Wirkung betrachtet, die Umgebungsbedingungen auf die Funktionsfähigkeit der Arbeitsmittel - nicht auf das Individuum direkt - ausüben. Abschließend wurde noch das Bedürfnis nach Erhalt der Schadenfreiheit des Gebäudes diskutiert, von dessen Betrachtung aus wiederum Verknüpfungen zur Behavior Setting Theorie hergestellt werden können.

Nimmt das Individuum wahr, dass ein Bedürfnis nicht in einem ausreichenden Maß befriedigt wird, muss es einen Handlungsplan aufstellen, um eine zielgerichtete Störungskorrekturhandlung durchführen zu können. Am Beginn des Aufbaus dieses Handlungsplans stehen weitere Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse. Diese beziehen sich in diesem Fall jedoch nicht auf Störungen durch die Umwelt, sondern auf die dem Individuum zur Verfügung stehenden *Operationsangebote* und *-beschränkungen*. Auch diese Wahrnehmungs- und Bewertungs-

prozesse lassen sich vor dem Hintergrund der analysierten Interrelationen zwischen den einzelnen Kategorialbereichen systematisieren.

Die Interrelationen zwischen dem Individuum und dem Gebäude nehmen dabei einen größeren Raum ein. Mit Gibsons Konzept der sogenannten *Affordanz* ([Gibson 1979]) lässt sich die Wahrnehmung von Handlungsangeboten konzeptualisieren. Affordanz setzt dabei die Fähigkeiten und Eigenschaften des handelnden Wesens in Relation zu den Eigenschaften seiner Umwelt. So kann ein Stuhl ein Handlungsangebot darstellen (nämlich darauf zu sitzen), allerdings nur, wenn die Größe des Stuhls und die Größe der Person zueinanderpassen. Die Affordanz ist also keine Eigenschaft der Umwelt, sondern - ganz im Sinne der Ökologischen Psychologie - eine Eigenschaft der Beziehung zwischen Umwelt und Handelndem. Das Konzept der Affordanz bleibt allerdings in Bezug auf viele Fragestellungen vage und erfüllt somit primär deskriptive Zwecke.

Das Konzept der *Synmorphie*, oder allgemeiner der Person-Umwelt-Kongruenz, entstammt der Ökologischen Psychologie Barkers. Im Gegensatz zur Affordanz, die einen starken Bezug zur *Wahrnehmung* von passenden Handlungsangeboten aufweist, bezieht sich die Synmorphie auf die *tatsächliche sensomotorische Passung* im Zuge einer Handlungsausführung. Von seinem ursprünglich ebenfalls vornehmlich deskriptiven Charakter ist das Konzept im Laufe der Zeit zu einem dimensionsbehafteten Begriff erweitert worden, sodass es als Gütekriterium bei der Betrachtung der Passung zwischen Handelndem und seiner Umwelt herangezogen werden kann.

Innerhalb des Produktdesigns stellt „*usability*“ einen häufig verwendeten Begriff dar. Er wird in vielen Fällen synonym mit dem Begriff der Gebrauchstauglichkeit verwendet und stellt dabei das Maß dar, mit dem ein Produkt effektiv, effizient und zufriedenstellend verwendet werden kann. Andere Definitionen ordnen „*usability*“ jedoch dem Begriff der Gebrauchstauglichkeit unter, sodass „*usability*“ in diesem Fall lediglich eine Dimension der Gebrauchstauglichkeit darstellt. Dabei werden der „*usability*“ zusätzlich Aspekte wie „Selbsterklärungsfähigkeit“ und „Erlernbarkeit“ zugeordnet, also Aspekte, die eine große Nähe zur Affordanz aufweisen.

Da im Rahmen der Realitätsanalyse auch Ortswechsel - z.B. zwischen Gebäuden, zwischen Räumen oder innerhalb von Räumen - als relevant für Störungskorrekturhandlungen identifiziert wurden, wurden außerdem Fragen der *räumlichen Orientierung* und des *räumlichen Verhaltens* diskutiert. Bewegungen innerhalb eines Raums, z.B. vom Arbeitsplatz zur Fassade, werden durch die Anordnung des Mobiliars mitbestimmt, sodass zusätzlich das Konzept des „*personal space*“ beschrieben wurde. Auch die Dimensionen der Territorialität - also primärer, sekundärer und öffentlicher Raum - üben Einfluss auf die Wahrnehmung von Operationsangeboten aus, da davon ausgegangen werden kann, dass Individuen eher dazu neigen, Störungskorrekturhandlungen in einem vertrauten Raum als in einem öffentlichen Raum auszuführen.

Operationsbeschränkungen kann das Individuum nicht nur durch eine mangelnde Passung (Synmorphie, Kongruenz) zwischen sich und den Gebäudeeigenschaften erfahren, sondern ebenso durch die normierende Kraft des überindividuellen Nutzungssystems, in das es eingebunden ist. Beispielsweise kann es in einem Behavior Setting zu den Regeln zählen, eine bestimmte Kleidung zu tragen, sodass das Ablegen dieser Kleidung keine Option für eine Störungskorrekturhandlung ist. Um sich an die Regeln des Behavior Settings zu halten, ist es jedoch erforderlich, dass diese Regeln beim Individuum kognitiv repräsentiert sind. Dass davon auszugehen ist, wurde beispielhaft dargestellt.

Trotz potenzieller Operationsbeschränkungen ist es der Regelfall, dass einem Individuum eine Reihe verschiedener Handlungsoptionen zur Verfügung stehen. Für eine dieser Optionen muss sich das Individuum also vor der Ausführung der Handlung entscheiden, sodass es für ein Prognosemodell erforderlich ist, Entscheidungsprozesse zu konzeptualisieren. Detaillierte Vorschläge dazu wurden daher auf der Basis der *Instrumentalitätstheorie* von Peak und Vroom erarbeitet und dargestellt ([Peak 1955], [Vroom 1964]). Die Instrumentalitätstheorie entstammt einer generischen Klasse von Entscheidungstheorien, die *Erwartungs-Wert-Theorien* genannt werden. Diese gehen von der begründeten Annahme aus, dass Entscheidungen von der Erwartung bestimmt werden, ein Ziel durch eine bestimmte Handlung zu erreichen und von dem Wert, den dieses

Ziel für den Handelnden hat. Die Analyse der Realitätserzählung hatte zahlreiche Hinweise darauf ergeben, dass Erwartung und Wert bei der Entscheidung für oder gegen Störungskorrekturhandlungen eine entscheidende Rolle spielen.

Dem Individuum muss allerdings ein ausreichendes Wissen über Fakten, Handlungszusammenhänge oder z.B. über Erfolgchancen einer Handlung zur Verfügung stehen, um die verschiedenen Handlungsoptionen gegeneinander abwägen zu können. Vorhandenes Wissen muss also situationsspezifisch re-aktualisiert oder neues Wissen muss erworben werden. Diese kognitiven Prozesse lassen sich durch *kognitive Architekturen* abbilden. Eine der erfolgreichsten Architekturen stellt ACT-R von Anderson dar ([Anderson 1996], [Anderson & Lebiere 1998], [Anderson et al. 2004]), für die einige grundlegende, für diese Arbeit erhebliche Zusammenhänge erläutert wurden. Insbesondere spielen dabei das deklarative Gedächtnis - also das Gedächtnis, in dem Faktenwissen abgespeichert wird - und das prozedurale Gedächtnis - also das Gedächtnis, in dem Prozesswissen im Sinne von Wenn-Dann-Zusammenhängen abgespeichert wird - eine große Rolle.

Trifft das Individuum eine Entscheidung für eine Handlung, so muss diese Handlung ausgeführt und ihr Erfolg im Anschluss evaluiert werden. Für die Ausführung ist der Abruf physischer Könnensmuster erforderlich, die dann koordiniert eingesetzt werden müssen. Diese Regulationsleistung lässt sich - falls es sich tatsächlich als notwendig erweisen sollte - ebenfalls nach den in ACT-R etablierten Prinzipien simulieren. Da ACT-R jedoch primär auf mentale Prozesse und einfache motorische Fähigkeiten auf einem niedrigen Funktionsniveau ausgerichtet ist, wären hierfür einige Weiterentwicklungsschritte erforderlich. Ähnliches gilt für die Abbildung von Evaluierungsprozessen. Diese wurden in ACT-R bisher lediglich für einfache Entscheidungen modelliert, bei denen Erfolg und Misserfolg eindeutig voneinander trennbar sind. Das Resultat einer Störungskorrekturhandlung lässt sich jedoch nicht auf einfachem Weg kategorisieren, da Ziele beispielsweise nur teilweise oder mit Zeitverzug erreicht werden oder weil die Zielzustände nur für einen kurzen Zeitraum Bestand haben.

Innerhalb des gesamten Handlungsprozesses spielt die Wahrnehmung der Umwelt durch das Individuum offenbar eine entscheidende Rolle. Dies betrifft die Wahrnehmung der „Bedrohungslage“ seiner Bedürfnisse, die Wahrnehmung seiner eigenen Fähigkeiten oder die Wahrnehmung der ihm zur Verfügung stehenden Handlungsoptionen, um nur einige Beispiele zu nennen. Da Wahrnehmungsprozesse eine so große Rolle innerhalb des hier betrachteten Problemfelds spielen, wurde zusätzlich intensiv auf die Relativität der Wahrnehmung eingegangen. Diese Relativität lässt sich beispielsweise durch die *Adaptation-Level-Theory* von Helson konzeptualisieren ([Helson 1964]), die zur Gruppe der *Bezugssystemtheorien* zählt. Die Kernaussage dieser Bezugssystemtheorien besteht darin, dass Wahrnehmung und Bewertung immer relativ zu einem Referenzrahmen erfolgen, der sich durch das Erleben der Umwelt stetig verändert. Wahrnehmung und Bewertung sind demzufolge nicht ausschließlich von der aktuellen Stimulation, sondern auch von der Stimulationshistorie abhängig. Dies betrifft unterschiedliche Wahrnehmungsphänomene: Adaptation im Sinne Helsons lässt sich z.B. in Bezug auf die sensorische Wahrnehmung feststellen (z.B. von Wärme oder Geruch), aber auch in Bezug auf z.B. die Wahrnehmung urbaner Qualitäten (also wie laut oder schmutzig eine Stadt im Vergleich zu einer zuvor erlebten Stadt ist). Durch diese Adaptationsprozesse verändern sich subjektive Optima bzw. die sogenannten subjektiven, indifferenten Punkte mit offensichtlichen Folgen für die Durchführung von Störungskorrekturhandlungen.

Auf diese Verschiebung des Adaptationslevels nehmen wiederum *Aktivierungstheorien* Bezug. Aus diesen Theorien lässt sich ableiten, dass nicht zwingend die subjektiven, indifferenten Punkte (z.B. die „neutrale Temperatur“ in der thermischen Behaglichkeitstheorie) als optimal bewertet werden, sondern stattdessen begrenzte Abweichungen davon. Liegen diese leichten Stimulationen durch Abweichung vom Adaptationslevel über einen langen Zeitraum *nicht* vor, sind also z.B. die Umgebungsbedingungen über lange Zeiträume konstant, so kann dieser Stimulationsentzug zu Unbehagen führen. Daraus folgt, dass nicht nur die Intensität einer Umgebungsbedingung Gegenstand von Bewertungsprozessen ist, sondern auch deren Veränderungsprozesse. Da diese Veränderungen nicht willkürlich und unvorhersehbar auftreten dürfen, lassen sich gemäß Wohlwill optimale Stimulationslevel auf insgesamt drei Dimensionen festlegen ([Wohlwill 1973]): Neben der *Intensität* zusätzlich auf den Dimensionen *Diversität* und *Ordnung*.

Abschließend wurde in der Arbeit der Einfluss beschrieben, den Einstellungen, Normen und Glaube auf Störungskorrekturaktivitäten ausüben. Es existieren zahlreiche Studien, die zeigen, dass z.B. die (positive, negative oder auch neutrale) Einstellung zum Energieverbrauch die Verwendung von energiekonsumierenden Ausstattungselementen mitbestimmen (so z.B. mit Bezug auf die Frage, ob das Kunstlicht bei Verlassen des Raums ausgeschaltet wird oder nicht). Allerdings konnte auch gezeigt werden, dass Einstellungen die Wahrnehmung und Bewertung von Umgebungsbedingungen signifikant beeinflussen können (sodass z.B. bei einer negativen Einstellung einem bestimmten Verkehrsmittel gegenüber, der Lärm dieses Verkehrsmittels als überdurchschnittlich lästig empfunden wird). Gleiches gilt für die Wirkung von (vermeintlichem) Wissen, das über sogenannte „top-down“ Prozesse die Wahrnehmung beeinflusst. So wurde beispielhaft auf Studien verwiesen, die gezeigt haben, dass (Fehl-)Informationen über die Gefährlichkeit eines Geruchs dessen Wahrnehmbarkeit erheblich mitbestimmen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit können und müssen weiterentwickelt werden, um ein funktionstüchtiges Prognosewerkzeug zu erschaffen. In Abschnitt 3.3.1 auf Seite 55 war hierfür bereits eine Groborientierung gegeben worden: Erforderlich ist eine mathematische Operationalisierung durch problemfeld- und methodenorientierte Weiterentwicklung und Umorganisation der identifizierten psychologischen Rahmentheorien, die Überführung der mathematischen Operationen in Quellcode und anschließend die Integration in eine Software zur dynamischen Simulation von Gebäuden. Liegt ein technisch funktionsfähiges numerisches Prognoseprogramm vor, so ist dessen Parametrierung und Validierung anhand empirischer Daten erforderlich.

Diese Groborientierung lässt sich jedoch anhand der nun vorliegenden Arbeitsergebnisse konkretisieren: Die Anfertigung einer Realitätserzählung und deren systematische Analyse als heuristisches Mittel zur Identifikation der handlungsmittbestimmenden „Realitätskomponenten“ hat sich als sehr ergiebig und brauchbar erwiesen. Zur Absicherung der Erkenntnisse ist es dennoch sinnvoll, die Datengrundlage zu verbreitern oder auf andere Kontexte zu erweitern. Hierfür sind verschiedene Schritte denkbar:

- *weitere Darstellungen der Alltagsrealität durch Realitätserzählungen für andere Geschehenszusammenhänge (z.B. Schule),*
- *strukturierte Interviews mit Gebäudenutzern wie sie bereits von anderen Autoren mit Blick auf das energetisch relevante Verhalten geführt wurden, jedoch mit der Zielstellung, die Motivation für konkrete Eingriffshandlungen zu identifizieren,*
- *Anfertigung von Selbstberichten, wie sie von Kaminski erwähnt werden ([Kaminski 2008], S. 56), z.B. „lautes Denken“ während der Handlungsausführung bei gleichzeitiger Tonbandaufzeichnung.*

Durch die Analyse der Realitätserzählung zeigte sich deutlich, dass die Umgebungsbedingungen innerhalb des Gebäudes nicht einzeln bzw. isoliert betrachtet werden können, sondern dass im Regelfall alle sensorisch wahrnehmbaren Umgebungsbedingungen durch ein vielfältiges Beziehungsgeflecht Einfluss auf das Interaktionsverhalten des Nutzers ausüben. Das führt dazu, dass bei der Prognose mittels Gebäudesimulation, auch wenn diese traditionell als *thermische* Gebäudesimulation bezeichnet wird, die Eigenschaften *aller* Umgebungsbedingungen simuliert werden müssen. Dabei gilt, dass die dafür verwendeten Rechenmodelle werkzeuggerecht sein müssen. Dies betrifft insbesondere die Begrenzung der Rechenzeit, die für die Berechnung eines Zustands in einem Zeitschritt erforderlich ist.

Es sind also Rechenmodelle erforderlich, welche mindestens die wesentlichen, d.h. handlungsmittbestimmenden Eigenschaften

- *der zeitlich variierenden Raumdurchströmung,*
- *der zeitlich variierenden Besonnung und Belichtung und*
- *des zeitlich variierenden Schalls*

mit angemessenem Zeitaufwand berechnen können. Aufwändige Rechenmethoden, wie z.B. CFD für die

Bestimmung von Raumströmungsmustern, werden diese Anforderung auf lange Sicht nicht erfüllen. Ohnehin ist allerdings fraglich, ob der Präzisionsanspruch solcher Rechenmethoden angesichts der elementaren Unsicherheiten, die gegenwärtig für die Prognose des Nutzerverhaltens existieren, für die Gebäudesimulation eine sinnvolle Zielstellung ist.

Ein großer Teil weiterer Forschung muss sich darauf konzentrieren, verschiedene psychologietheoretische Modelle in Richtung der Anforderungen weiterzuentwickeln, die aufgrund der Anwendung in der Gebäudesimulation gestellt werden müssen. An verschiedenen Stellen der Arbeit wurde bereits explizit darauf verwiesen. Beispielhaft sei hier aufgeführt:

- *Es wurde in der ingenieurseitigen Weiterentwicklung der Psychophysik bisher nur unzureichend auf eine angemessene Trennung zwischen den Konzepten Empfindung, Wahrnehmung und Bewertung geachtet. Da die Wahrnehmung und die Bewertung nur situationsspezifisch auftreten können, ist eine isolierte, kontextfreie Betrachtung der Relation zwischen Umweltreiz und psychologischer Reaktion darauf nicht sinnvoll. Die vorliegende Arbeit gibt eine Reihe von Hinweisen, welche Zusammenhänge zu beachten sind. Dazu zählen z.B. das gleichzeitige Erleben verschiedener Umgebungsbedingungen, die Berücksichtigung individueller Faktoren, die Adaptation an Reize, der Einfluss von Einstellung, Normen und Glaube auf die Wahrnehmung und nicht zuletzt die Erkenntnis, dass Umweltreize von Individuen nicht nur mit Bezug auf ihre Intensität, sondern auch mit Bezug auf ihre Diversität und ihre Veränderungsmuster beurteilt werden.*
- *Für die Bedürfnisse nach Sicherheit und Privatheit existieren bisher gar keine in diesem Problemfeld direkt einsetzbaren theoretischen Artikulationen. In diesem Zusammenhang ist es beispielsweise erforderlich, einen belastbaren Zusammenhang zwischen der subjektiven Empfindung und Bewertung von Sicherheit und Privatheit innerhalb des Gebäudes und den Eigenschaften der gebauten und der sozialen Umwelt herzustellen, um dann zu überprüfen, welchen konkreten Einfluss die Bedienung der regulativen Ausstattungselemente auf diese Bewertung ausübt. Auch hierfür gilt, dass dieser Zusammenhang nicht kontextfrei betrachtet werden kann und dass Aspekte wie Einstellung und Adaptation hierbei Einfluss ausüben.*
- *Ähnliches gilt für die Bedürfnisse nach Durchführung einer funktionalen Aktivität. Es existieren eine Reihe von Untersuchungen über die Wirkung aversiver Bedingungen, sofern sie über einen langen Zeitraum vorliegen. Für ein Interaktionsmodell sind jedoch Informationen darüber erforderlich, in welchem Maß eine bestimmte aversive Bedingung (z.B. eindringender Lärm) die konkrete Durchführung einer funktionalen Aktivität stört und dann eine Störungskorrekturhandlung auslöst.*

So wie die energetischen und materiellen Umgebungsbedingungen in der Regel nicht einzeln, sondern in Kombination vorliegen, so liegen auch die Bedürfnisse nicht einzeln oder isoliert, sondern zeitgleich vor. Daraus ergeben sich folgende Fragen, die trotz einiger in dieser Arbeit angeführten Untersuchungen bisher nicht ausreichend beantwortet werden können:

- *Nach welchen Gesetzmäßigkeiten lassen sich z.B. die modalen Unbehaglichkeitszustände in eine individuelle Rangfolge bringen? Dies bezieht sich z.B. auf die Frage, welche Lästigkeit von Lärm tragbar ist, um die thermische Unbehaglichkeit durch Öffnen des Fenster zu reduzieren? Die Frage lässt sich auf praktisch alle Bedürfnisse ausweiten. Beispielsweise kann gefragt werden, in welchem Ausmaß eine schlechte Luftqualität ertragen wird, um die funktionale Aktivität nicht durch Lärm zu behindern, der durch ein geöffnetes Fenster eindringen würde?*
- *Nach welchen Gesetzmäßigkeiten lassen sich außerdem die verschiedenen Bedürfnisse bzw. deren Bedrohung in eine Rangfolge bringen? Ist das Gefühl der Sicherheit, wenn das Fenster über Nacht geschlossen bleibt, mehr wert als die voraussichtliche thermische Unbehaglichkeit, die dadurch am Folgetag auftreten wird?*

Diese Fragen betreffen offenbar die *Valenz* von Zielen, denen im Rahmen der handlungstheoretischen Betrachtungen eine wesentliche Rolle für die Entwicklung des Handlungsplans beigemessen wurde.

In einigen weiteren Zusammenhängen lassen sich Fragestellungen dieser Art formulieren. Im Rahmen der Arbeit wurden an entsprechenden Stellen immer wieder Vorschläge für die Weiterentwicklung und die problemfeld- und methodenorientierte Adaptation der besprochenen Theorie gemacht, sodass hier nicht auf alle Einzelaspekte eingegangen wird. Eine übergeordnete Aufgabe wird jedoch darin bestehen, die verschiedenen Theorien intensiver hinsichtlich ihrer Kompatibilität zu prüfen und sie zu einem kohärenten Gesamtmodell zu integrieren. Aufgabenstellungen solcherart beziehen sich z.B. auf die bereits intensiver diskutierte theoretische Verknüpfung zwischen der Behavior Setting Theorie als Artikulation eines übergeordneten Geschehenssystems mit der weitaus detaillierteren, systemtheoretischen Betrachtung von Störungskorrekturhandlungen. Ein anderes Beispiel ist die notwendige Integration von so verschiedenen Konzepten wie Affordanz und Synomorphie, Valenz von Zielen und Prognosen von Zielerreichungswahrscheinlichkeiten im Zuge der Handlungsplanung. Während z.B. die Valenz eines Behaglichkeitsziels möglicherweise durch das Abweichungsmaß von einem subjektiv optimalen Behaglichkeitszustand auf einer subjektiven Verbalskala (z.B. auf der ASHRAE-Skala) ausgedrückt werden kann, stellt sich die Frage, wie sich die Synomorphie oder die Erwartung eines Handlungsergebnisses konkret dazu verhält. Bei der vorgeschlagenen Formulierung der Handlungsplanung als Erwartungswert-Theorie spielen diese Aspekte eine gemeinsame Rolle und müssten demzufolge auch auf eine gemeinsame Dimension projiziert werden. Auch hier ließen sich wiederum zahlreiche weitere, vergleichbare Fragestellungen auffinden.

Sicherlich ist es jedoch nicht sinnvoll, zunächst all diese Fragen *endgültig* klären zu wollen, bevor eine Gesamtformulierung des Modells gewagt wird. Es kann sich auch als ein sinnvolles, heuristisches Vorgehen erweisen, offene Fragen mit begründeten Abschätzungen vorläufig zu beantworten und ein Gesamtmodell in dem Bewusstsein zu erstellen, dass Revisionen erforderlich sein werden. Als Ausgangspunkt einer numerischen Gesamtoperationalisierung bieten sich die Algorithmen an, die im Rahmen der ACT-R Theorie entwickelt wurden, da diese eine hohe, empirisch belegte Validität aufweisen und naturgemäß bereits simulationsadäquat formuliert sind. Die Vermutung liegt nahe, dass sich das subjektive Bild der Alltagsrealität durch die Struktur- und Prozesselemente der ACT-R Architektur - speziell durch die Repräsentationen des prozeduralen und des deklarativen Gedächtnisses - abbilden lässt. Auch für ACT-R sind jedoch, wie bereits dargestellt, problemfeldorientierte Weiterentwicklungen erforderlich.

Die Entwicklung dieser Arbeit hat sich stets am Beispiel der Simulation des energierelevanten Interagierens in Einpersonnbüros orientiert und stellt daher auf den ersten Blick die Lösung einer *speziellen* Problemstellung dar. Das entwickelte Verfahren ist jedoch *generalisierbar*, sodass die Darstellung einen *prototypischen* Charakter aufweist. Die erhoffte Wirkung dieser Arbeit geht somit darüber hinaus, in absehbarer Zukunft die Interaktionshandlungen in Einpersonnbüros realitätsgerechter darstellen zu können. Das vorgeschlagene Verfahren kann auf alle Gebäude bzw. Geschehensarten in Gebäuden angewendet werden und kann somit helfen, Interaktionshandeln in zahlreichen Kontexten wissenschaftsfundiert zu artikulieren. Von dieser Arbeit soll also auch Anregung für weitere Forschungsarbeit in die vorgeschlagenen Richtungen ausgehen. Sie kann dabei zugleich eine koordinative Wirkung haben, indem sie, durch die hier aufgezeigten Zusammenhänge und Prinzipien, verschiedene, bisher unabhängig durchgeführte Forschungsbemühungen in den systematischen Gesamtzusammenhang des Interaktionshandelns stellt.

LITERATURVERZEICHNIS UND BILDNACHWEIS



- ABRAHAM, M.H./ KUMARSINGH, R./ COMETTO-MUNIZ, J.E. / CAIN, W.S. 1998: *An algorithm for nasal pungency thresholds in man*. Archives of toxicology 72(4): S. 227-232.
- ABRAHAM, M.H./ GOLA, J.M.R./ COMETTO-MUNIZ, J.E. / CAIN, W.S. 2002: *A model for odour thresholds*. Chemical senses 27(2): S. 95-104.
- ABRAHAM, M.H./ SANCHEZ-MORENO, R./ COMETTO-MUÑIZ, J.E. / CAIN, W.S. 2007: *A quantitative structure–activity analysis on the relative sensitivity of the olfactory and the nasal trigeminal chemosensory systems*. Chemical senses 32(7): S. 711-719.
- ACHTZIGER, A. / GOLLWITZER, P. M. 2010: *Motivation und Volition im Handlungsverlauf*. S. 309-335 in: Heckhausen, J. und Heckhausen, H. (Hg.), Motivation und Handeln. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- ADRIAN, W. 1989: *Visibility of targets: Model for calculation*. Lighting Research and Technology 21(4): S. 181-188.
- AKASHI, Y./ MURAMATSU, R. / KANAYA, S. 1996: *Unified Glare Rating (UGR) and subjective appraisal of discomfort glare*. Lighting Research and Technology 28(4): S. 199-206.
- AMOORE, J.E. 1963: *Stereochemical theory of olfaction*. Nature 198: S. 271-272.
- AMOORE, J.E. 1977: *Specific anosmia and the concept of primary odors*. Chemical senses 2(3): S. 267-281.
- ANDERSON, J.R. 1995: *The architecture of cognition*, Lawrence Erlbaum.
- ANDERSON, J.R. / LEBIERE, C.J. 1998: *The atomic components of thought*, Lawrence Erlbaum.
- ANDERSON, J.R./ BOTHELL, D./ BYRNE, M.D./ DOUGLASS, S./ LEBIERE, C. / QIN, Y. 2004: *An integrated theory of the mind*. Psychol Rev 111(4): S. 1036-1060.
- ARENS, E./ XU, T./ MIURA, K./ HUI, Z./ FOUNTAIN, M. / BAUMAN, F. 1998: *A study of occupant cooling by personally controlled air movement*. Energy and buildings 27(1): S. 45-59.
- ARMSTRONG, L.E. 1998: *Heat acclimatization*. In: Fahey, T. D. (Hg.), Encyclopedia of sports medicine and science, Internet Society for Sport Science. <http://www.sportsci.org/encyc/index.html> (aufgerufen am: 25.05.2012).
- ASCHOFF, J./ GÜNTHER, B. / KRAMER, K. 1971: *Energiehaushalt und Temperaturregulation*, Urban & Schwarzenberg.
- ASENDORPF, J. 2011: *Persönlichkeitspsychologie für Bachelor. Lesen, Hören, Lernen im Web*, Springer.
- AWBI, H. 1995: *Ventilation of buildings*, London, Spon Press.
- BACKHAUS, C. 2010: *Usability-Engineering in der Medizintechnik*, VDI-Buch, Springer Berlin Heidelberg.
- BAER, R. 1996: *Beleuchtungstechnik: Grundlagen*, Berlin, Verlag Technik /Huss Medi.
- BAKÓ-BIRÓ, Z./ CLEMENTS-CROOME, DJ/ KOCHHAR, N./ AWBI, HB / WILLIAMS, MJ 2012: *Ventilation rates in schools and pupils' performance*. Building and environment 48: S. 215-223.

- BARKER, R.G. 1968: *Ecological psychology: Concepts and methods for studying the environment of human behavior*, Stanford University Press.
- BARKER, R.G. / WRIGHT, H.F. 1954: *Midwest and its children: the psychological ecology of an American town*, New York, Row, Peterson.
- BAULÄRM 1970: *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm - Geräuschimmissionen vom 19.08.1970*. BAnz. Nr. 160.
- BECKMANN, J. / HECKHAUSEN, H. 2010: *Motivation durch Erwartung und Anreiz*. S. 105-143 in: Heckhausen, J. und Heckhausen, H. (Hg.), *Motivation und Handeln*. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- BERSON, D.M./ DUNN, F.A. / TAKAO, M. 2002: *Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock*. *Science* 295(5557): S. 1070-1073.
- BETSCH, T./ FUNKE, J. / PLESSNER, H. 2011: *Denken-Urteilen, Entscheiden, Problemlösen*, Springer (Heidelberg).
- BEXTON, W.H./ HERON, W. / SCOTT, T.H. 1954: *Effects of decreased variation in the sensory environment*. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie* 8(2): S. 70-76.
- BIMSchG 1974: *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge: Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002*. Bundesgesetzblatt. BGBl. I S. 3830.
- BIRBAUMER, N. / SCHMIDT, R. F. 2011: *Allgemeine Physiologie der Großhirnrinde*. S. 163-180 in: Schmidt, R. F., Lang, F. und Heckmann, M. (Hg.), *Physiologie des Menschen*. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- BITTER, F./ BÖTTCHER, O. / DAHMS, A. / KASCHE, J. / MÜLLER, B. / MÜLLER, D. 2004: *Handbuch zur Messung der empfundenen Luftqualität*, Berlin, Hermann-Rietschel-Institut.
- BLACKWELL, H.R. 1959: *Development and use of a quantitative method for specification of interior illumination levels*. *Illuminating Engineering* 54(6): S. 317-353.
- BLACKWELL, H.R. 1952: *Brightness discrimination data for the specification of quantity of illumination*. *Illuminating Engineering* 47(11): S. 602-609.
- BLUYSSSEN, P.M. / FANGER, P.O. 1991: *Addition of olfs from different pollution sources, determined by a trained panel*. *Indoor Air* 1(4): S. 414-421.
- BÖHME, D. / MARK, M.V. 2009: *Erneuerbare Energien in Zahlen*, Berlin, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BOLLES, R.C. 1972: *Reinforcement, expectancy, and learning*. *Psychol Rev* 79(5): S. 394-409.
- BOTHELL, D. 2012: *Email zur Anwendung von ACT-R auf die Modellierung des Nutzerverhaltens in Gebäuden vom 16.04.2012*.
- BOURGEOIS, D./ REINHART, C. / MACDONALD, I.A. 2005: *Assessing the total energy impact of occupant behavioural response to manual and automated lighting systems*. In: *Proceedings of IBPSA International Conference*: S. 99-106, Montreal, Canada.

- BOURGEOIS, D./ HAND, J./ MACDONALD, I.A. / REINHART, C. 2004: *Adding sub-hourly occupancy prediction, occupancy-sensing control and manual environmental control to ESP-r*. In: Proceedings of eSim: S. 119-126, Vancouver, Canada.
- BRAGER, G.S. / DE DEAR, R.J. 1998: *Thermal adaptation in the built environment: a literature review*. Energy and buildings 27(1): S. 83-96.
- BRAGER, G.S./ PALIAGA, G. / DE DEAR, R. 2004: *Operable windows, personal control, and occupant comfort*. ASHRAE Transactions 110(2): S. 17-35.
- BRAINARD, G.C./ HANIFIN, J.P./ GREESON, J.M./ BYRNE, B./ GLICKMAN, G./ GERNER, E. / ROLLAG, M.D. 2001: *Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor*. The Journal of Neuroscience 21(16): S. 6405-6412.
- BRANDTSTÄDTER, J. 2001: *Entwicklung - Intentionalität - Handeln*, Verlag W. Kohlhammer.
- BRONZAFI, A.L. / MCCARTHY, D.P. 1975: *The effect of elevated train noise on reading ability*. Environment and Behavior 7: S. 517-528.
- BRUMMER, K. / WEISS, S. 2007: *Europa im Wettlauf um Öl und Gas, Leitlinien einer europäischen Energieaußenpolitik*, Güthersoh, Bertelsmann Stiftung.
- BRUNSWIK, EGON 1939: *The conceptual focus of some psychological systems*. Erkenntnis 8(1): S. 36-49.
- BUBB, H. 2007: *Ergonomie und Design*. S. in: Braess, H. H. und Seiffert, U. (Hg.), *Automobildesign und Technik*, Vieweg+ Teubner.
- CALVERT, G.A. / OSTERBAUER, R. 2002: *The scent of color*. Aromachology Review 11(1).
- CANDAS, V. / DUFOUR, A. 2005: *Thermal comfort: multisensory interactions?* Journal of physiological anthropology and applied human science 24(1): S. 33-36.
- CANDIDO, C. / DEAR, R. 2012: *From thermal boredom to thermal pleasure: a brief literature review*. Ambiente Construído 12(1): S. 81-90.
- CANTOR, N./ MISCHEL, W. / SCHWARTZ, J.C. 1982: *A prototype analysis of psychological situations*. Cognitive psychology 14(1): S. 45-77.
- CARLSON, N.R. 2004: *Physiologische Psychologie*, München, Pearson Studium.
- CHARLES, K.E. 2003: *Fanger's thermal comfort and draught models*. Research Report RR-162. Ottawa, Institute for Research in Construction
- CITHERLET, S. 2001: *Towards the holistic assessment of building performance based on an integrated simulation approach*: Doctoral Thesis, Lausanne, Swiss Federal Institute of Technology (EPFL).
- CITHERLET, S./ CLARKE, J. A. / HAND, J. 2001: *Integration in building physics simulation*. Energy and buildings 33(5): S. 451-461.
- CLAUSEN, G./ CARRICK, L./ FANGER, P.O./ KIM, S.W./ POULSEN, T. / RINDEL, J.H. 1993: *A comparative study of discomfort caused by indoor air pollution, thermal load and noise*. Indoor Air 3(4): S. 255-262.

- COHEN, S./ EVANS, G.W./ KRANTZ, D.S. / STOKOLS, D. 1980: *Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: Moving from the laboratory to the field*. American Psychologist 35(3): S. 231-243.
- COMETTO-MUÑIZ, J.E. / CAIN, W.S. 1992: *PART III. ASSESSING IRRITATION: Sensory irritation: Relation to indoor air pollution*. Annals of the New York Academy of Sciences 641(1): S. 137-151.
- COMETTO-MUÑIZ, J.E./ CAIN, W.S. / ABRAHAM, M.H. 2004: *Detection of single and mixed VOCs by smell and by sensory irritation*. Indoor Air 14(s8): S. 108-117.
- COMETTO-MUÑIZ, J.E./ CAIN, W.S./ ABRAHAM, M.H. / GOLA, J.M.R. 2002: *Psychometric functions for the olfactory and trigeminal detectability of butyl acetate and toluene*. Journal of Applied Toxicology 22(1): S. 25-30.
- CORWIN, J./ LOURY, M. / GILBERT, A.N. 1995: *Workplace, age, and sex as mediators of olfactory function: Data from the National Geographic Smell Survey*. The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences 50(4): S. 179-186.
- CRANACH, M.v./ KALBERMATTEN, U./ INDERMÜHLE, K. / GUGLER, B. 1980: *Zielgerichtetes Handeln*, Bern, Huber Hans.
- CREMER, L. / MÜLLER, H.A. 1978: *Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik–Band I*, Stuttgart, S. Hirzel Verlag.
- DALTON, P. 1996: *Odor perception and beliefs about risk*. Chemical senses 21(4): S. 447-458.
- DALTON, P. 2002: *Odor, irritation and perception of health risk*. International archives of occupational and environmental health 75(5): S. 283-290.
- DE DEAR, R. 2012: *Macquarie University's ASHRAE RP-884 Adaptive Model Project–Data Downloader*. http://aws.mq.edu.au/rp-884/ashrae_rp884.html (aufgerufen am: 09.11.2012).
- DE DEAR, R./ BRAGER, G. / COOPER, D. 1997: *Developing an adaptive model of thermal comfort and preference: Final report [on] ASHRAE RP-884*, Macquarie Research Limited.
- DFG 2010: *List of MAK and BAT Values 2010: Maximum concentrations and biological tolerance values at the workplace, report No. 45*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Company KGaA.
- DFG 2012: *The MAK collection for occupational health and safety*. <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418> (aufgerufen am: 2.3.2012).
- DJUNAEDY, E. 2005: *External coupling between building energy simulation and computational fluid dynamics: Doctoral Thesis*, Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven.
- DJUNAEDY, E./ HENSEN, JLM / LOOMANS, M. 2003: *Toward external coupling of building energy and airflow modeling programs*. ASHRAE Transactions 109(2): S. 771-787.
- DU BOIS, D. / DU BOIS, E. F. 1916: *A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known*. Archives of Internal Medicine 863(17).
- EDELMANN, W. 2000: *Lernpsychologie: Mit Tests und Übungsaufgaben*, Weinheim, Beltz.

- EIFF, A.W. v./ GUSKI, R./ ISING, G. / JANSEN, A. / SCHICK, A. / SCHÖNPFLUG, W. / SPRENG, M. 1998: *Berücksichtigung des Informationsgehaltes von Schallen bei der Beurteilung als Lärm*. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 45(5): S. 193-195.
- ELSNER, N./ FISCHER, S. / HUHN, J. 1993: *Grundlagen der Technischen Thermodynamik, Band 2: Wärmeübertragung*, Berlin, Akademie Verlag.
- ENEG 1976: *Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden: Energieeinsparungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 1. September 2005*. Bundesgesetzblatt. BGBl. I S. 643.
- ENEV 2001: *Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV) vom 16. November 2001*.
- ENEV 2009: *Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden; Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007*.
- ENGLERT, N. 1998: *Richtwerte für die Innenraumluft: Stickstoffdioxid*. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 41(1): S. 9-12.
- ERDMANN, C.A. / APTE, M.G. 2004: *Mucous membrane and lower respiratory building related symptoms in relation to indoor carbon dioxide concentrations in the 100-building BASE dataset*. Indoor Air 14(s8): S. 127-134.
- EUROSTAT 2012a: *Eurostat - Energieabhängigkeit*. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=0&language=de&pcode=tsdcc310> (aufgerufen am: 04.07.2012).
- EUROSTAT 2012b: *Eurostat - Energy production and imports*. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Energy_production_and_imports (aufgerufen am: 04.07.2012).
- EYSEL, U. 2011: *Sehen und Augenbewegungen*. S. 345-385 in: Schmidt, R. F., Lang, F. und Heckmann, M. (Hg.), *Physiologie des Menschen*. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- FANG, L./ CLAUSEN, G. / FANGER, P.O. 1998: *Impact of temperature and humidity on perception of indoor air quality during immediate and longer whole-body exposures*. Indoor Air 8(4): S. 276-284.
- FANGER, P.O. 1967: *Calculation of thermal comfort: Introduction of a basic comfort equation*. ASHRAE Transactions 73(2): S. 4.
- FANGER, P.O. 1970: *Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering*, Copenhagen, Danish Technical Press.
- FANGER, P.O. 1988: *Introduction of the olf and the decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors*. Energy and buildings 12(1): S. 1-6.
- FANGER, P.O. / CHRISTENSEN, N.K. 1986: *Perception of draught in ventilated spaces*. Ergonomics 29(2): S. 215-235.
- FANGER, P.O./ BANHIDI, L./ OLESEN, B.W. / LANGKILDE, G. 1980: *Comfort limits for heated ceilings*. ASHRAE Trans. 86(2): S. 141-156.
- FANGER, P.O./ LAURIDSEN, J./ BLUYSSSEN, P. / CLAUSEN, G. 1988a: *Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified by the olf unit*. Energy and buildings 12(1): S. 7-19.

- FANGER, P.O./ MELIKOV, A. K./ HANZAWA, H. / RING, J. 1988b: *Air turbulence and sensation of draught*. Energy and buildings 12(1): S. 21-39.
- FANGER, P.O./ IPSEN, B.M./ LANGKILDE, G./ OLESSEN, B.W./ CHRISTENSEN, N.K. / TANABE, S. 1985: *Comfort limits for asymmetric thermal radiation*. Energy and buildings 8(3): S. 225-236.
- FASOLD, W. / VERES, E. 1998: *Schallschutz und Raumakustik in der Praxis: Planungsbeispiele und konstruktive Lösungen*, Verlag für Bauwesen.
- FIALA, D./ LOMAS, K.J. / STOHRER, M. 1999: *A computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: the passive system*. Journal of Applied Physiology 87(5): S. 1957-1972.
- FIALA, D./ LOMAS, K.J. / STOHRER, M. 2001: *Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions*. International Journal of Biometeorology 45(3): S. 143-159.
- FISCHER, D. 1970: *Optimale Beleuchtungsniveaus in Arbeitsräumen (Teile I+ II)*. Lichttechnik 22(2): S. 61-63.
- FISEKIS, K./ DAVIES, M./ KOLOKOTRONI, M. / LANGFORD, P. 2003: *Prediction of discomfort glare from windows*. Lighting Research and Technology 35(4): S. 360-369.
- FISHBEIN, M. / AJZEN, I. 1975: *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*, Addison-Wesley Publishing Company.
- FISHER, B.S. / NASAR, J.L. 1992: *Fear of crime in relation to three exterior site features prospect, refuge, and escape*. Environment and Behavior 24(1): S. 35-65.
- FLADE, A. 2008: *Architektur: Psychologisch betrachtet*, Bern, H. Huber.
- FLETCHER, H. / MUNSON, W.A. 1933: *Loudness, its definition, measurement and calculation*. The Journal of the Acoustical Society of America 5(2): S. 82-108.
- FLULÄRMG 1971: *Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Oktober 2007*. Bundesgesetzblatt. BGBl. I S. 2550.
- FODOR, J.A. / PYLYSHYN, Z.W. 1981: *How direct is visual perception? Some reflections on Gibson's "Ecological Approach."*. Cognition 9: S. 139-196.
- FOSTER, M. / ORESZCZYN, T. 2001: *Occupant control of passive systems: the use of venetian blinds*. Building and environment 36(2): S. 149-155.
- FREYMUTH, H.R. 1981: *Tageslichttechnisch begründete Bemessung von Gebäudeabständen und Fenstern*: Doctoral Thesis, Stuttgart.
- FRIEDRICH, M./ BECKER, D./ GRONDEY, A./ LASKOWSKI, F./ ERHORN, H./ ERHORN-KLUTTIG, H./ HAUSER, G./ SAGER, C. / WEBER, H. 2007: *CO2-Gebäudereport 2007*, Berlin, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- GAGGE, A.P./ STOLWIJK, J.A.J / HARDY, J.D. 1967: *Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures*. Environmental research 1(1): S. 1-20.
- GIBSON, J.J. 1979: *The ecological approach to visual perception*, Houghton Mifflin.

- GIPPER, H. 1971: *Denken ohne Spache?*, Pädagogischer Verlag Schwann.
- GIPPER, H. 1987: *Das Sprachapriori*, Frommann-Holzboog.
- GRABE, J.V. / WINTER, S. 2008: *The correlation between PMV and dissatisfaction on the basis of the ASHRAE and the McIntyre scale—Towards an improved concept of dissatisfaction*. Indoor and Built Environment 17(2): S. 103-121.
- GRIFFITHS, I.D. / BOYCE, P.R. 1971: *Performance and thermal comfort*. Ergonomics 14(4): S. 457-468.
- GUSKI, R. / BLÖBAUM, A. 2008: *Umweltwahrnehmung und Umweltbewertung*. S. 443-470 in: Lantermann, E. D. und Linneweber, V. (Hg.), *Umweltpsychologie Band 1: Grundlagen, Paradigmen und Methoden der Umweltpsychologie*, Göttingen, Hogrefe.
- GUSKI, R./ FELSCHER-SUHR, U. / SCHUEMER, R. 1999: *The concept of noise annoyance: how international experts see it*. Journal of Sound and Vibration 223(4): S. 513-527.
- HABER, R.N. 1958: *Discrepancy from adaptation level as a source of affect*. Journal of Experimental Psychology 56(4): S. 370-375.
- HAGENDORF, H./ KRUMMENACHER, J./ MÜLLER, H.J. / SCHUBERT, T. 2011: *Allgemeine Psychologie für Bachelor: Wahrnehmung und Aufmerksamkeit*, Springer.
- HALDI, F. 2010: *Towards a unified model of occupants' behaviour and comfort for building energy simulation: Doctoral Thesis*, Lausanne, École Polytechnique Federale De Lausanne.
- HALDI, F. / ROBINSON, D. 2008: *On the behaviour and adaptation of office occupants*. Building and environment 43(12): S. 2163-2177.
- HALDI, F. / ROBINSON, D. 2009a: *Interactions with window openings by office occupants*. Building and environment 44(12): S. 2378-2395.
- HALDI, F. / ROBINSON, D. 2009b: *A comprehensive stochastic model of blind usage: theory and validation*. In: Proceedings of 11th International IBPSA Conference: S. 529-536, Glasgow.
- HATT, H. 2011: *Geschmack und Geruch*. S. 386-400 in: Schmidt, R. F., Lang, F. und Heckmann, M. (Hg.), *Physiologie des Menschen*. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- HEIZANLV 1998: *Verordnung über energiesparende Anforderungen an heizungstechnische Anlagen und Warmwasseranlagen (Heizungsanlagen-Verordnung - HeizAnV) vom 4. Mai 1998*.
- HELLBRÜCK, J. / FISCHER, M. 1999: *Umweltpsychologie: Ein Lehrbuch*, Göttingen, Verlag für Psychologie.
- HELSON, H. 1964: *Adaptation-level theory: an experimental and systematic approach to behavior*, Harper & Row.
- HERBST, C.H. 1968: *Der Einfluss des Lichts auf den arbeitenden Menschen*. Elektrizität 11: S. 194-300.
- HERKEL, S./ KNAPP, U. / PFAFFEROTT, J. 2005: *A preliminary model of user behaviour regarding the manual control of windows in office buildings*. In: Proceedings of 9th Int. IBPSA Conf. BS2005: S. 403-410, Montréal.

- HIEMISCH, A. 2009: *Der Begriff der Handlung in der Psychologie*. www.widerstreit-sachunterricht.de/ebeneIII/begriffe/hand_hie.pdf (aufgerufen am: 09.09.2012).
- HILBIG, G. 1999: *Grundlagen der Bauphysik: Wärme, Feuchte, Schall*, Leipzig, Fachbuchverlag Leipzig im C. Hanser.
- HOHENSTEIN, F. 2012: *Akustisches Trauma*. S. 241-248 in: *Neitzel, C. und Ladehof, K.* (Hg.), *Taktische Medizin*, Springer Berlin Heidelberg.
- HOHMANN, R. / SETZER, M.J. 1997: *Bauphysikalische Formeln und Tabellen*, Werner.
- HOMMEL, B. / NATTKEMPER, D. 2011: *Handlungspsychologie. Planung und Kontrolle intentionalen Handelns*, Springer Berlin Heidelberg.
- HOPKINSON, R.G. 1972: *Glare from daylighting in buildings*. *Applied Ergonomics* 3(4): S. 206-215.
- HUIZENGA, C./ ZHANG, H./ MATTELAER, P./ YU, T./ ARENS, E.A. / LYONS, P. 2006: *Window performance for human thermal comfort: Final report to the National Fenestration Rating Council*, Center for the Built Environment, University of California Berkley.
- HUMPHREYS, M.A. 1978: *Outdoor temperatures and comfort indoors*. *Building Research and Practice* 6(2): S. 92-105.
- HUMPHREYS, M.A. / NICOL, J.F. 2002: *The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments*. *Energy and buildings* 34(6): S. 667-684.
- HUMPHREYS, M.A./ NICOL, J.F. / TUOHY, P. 2008: *Modelling window-opening and the use of other building controls*. In: *Proceedings of AIVC 29th Conference, Advanced building ventilation and environmental technology for addressing climate change issues*, Tokyo, Japan.
- HUNT, D.R.G. 1979: *The use of artificial lighting in relation to daylight levels and occupancy*. *Building and environment* 14(1): S. 21-33.
- HUNT, D.R.G. 1980: *Predicting artificial lighting use-a method based upon observed patterns of behaviour*. *Lighting Research and Technology* 12(1): S. 7-14.
- HUOVILA, P. 2007: *Buildings and climate change: Status, challenges, and opportunities*, United Nations Environment Programme.
- HYGGE, S. / KNEZ, I. 2001: *Effects of noise, heat and indoor lighting on cognitive performance and self-reported affect*. *Journal of Environmental Psychology* 21(3): S. 291-299.
- INKAROJIT, V. 2006: *Developing predictive venetian blinds control models using visual comfort predictors*. In: *Proceedings of 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva.
- IPCC 2007: *Climate change 2007: synthesis report*, Cambridge University Press Cambridge, UK.
- IUPAC 2012: *functional group*, in: *Compendium of Chemical Terminology, compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997), XML on-line corrected version: <http://goldbook.iupac.org> (2006-) created by M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; updates compiled by A. Jenkins. <http://goldbook.iupac.org>* (aufgerufen am: 14.03.2012).

- KAJTÁR, L./ HERCZEG, L./ LÁNG, E./ HRUSTINSZKY, T. / BANHIDI, L. 2006: *Influence of carbon-dioxide pollutant on human well-being and work intensity*. In: Proceedings of Healthy Buildings: S. 85-90.
- KAMINSKI, G. 1981: Überlegungen zur Funktion von Handlungstheorien in der Psychologie. S. 93-122 in: Lenk, H. (Hg.), Handlungstheorien–interdisziplinär. Bd. 3, München, Fink.
- KAMINSKI, G. 1983a: *Probleme einer ökopyschologischen Handlungstheorie*. S. 35-53 in: Montada, L., Reusser, K. und Steiner, G. (Hg.), Kognition und Handeln, Stuttgart, Klett-Cotta.
- KAMINSKI, G. 1983b: *Potentielle Beiträge handlungstheoretischer Konzeptionen zur Neuorientierung motivationspsychologischer Perspektiven im Sport*. S. 146-158 in: Janssen, J. P. und Hahn, E. (Hg.), Aktivierung, Motivation, Handlung und Coaching im Sport, Schorndorf: Hofmann.
- KAMINSKI, G. 2008: *Das Behavior Setting-Konzept – Entstehungsgeschichte und Weiterentwicklungen*. S. 333-376 in: Lantermann, E.-D. und Linneweber, V. (Hg.), Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich C, Theorie und Forschung, Serie IX Umweltpsychologie, Band 1, Grundlagen, Paradigmen und Methoden der Umweltpsychologie, Göttingen, Hogrefe.
- KAMINSKI, G. 2010: *Email zur Affordanz* vom 05.08.2010.
- KARJALAINEN, S. 2012: *Thermal comfort and gender: a literature review*. Indoor Air 22(2): S. 96-109.
- KHUDAIBERDIEV, M.D./ SULTANOV, F.F. / POKORMYAKHA, L.M. 1992: *Perception of temperature elevation in human seasonal heat adaptation*. Neuroscience and behavioral physiology 22(3): S. 236-240.
- KIM, C.S./ LIM, Y.W./ YANG, J.Y./ HONG, C.S. / SHIN, D.C. 2002: *Effect of indoor CO2 concentrations on wheezing attacks in children*. In: Proceedings of Indoor Air: S. 492-497.
- KJÆRGAARD, S.K./ MØLHAVE, L. / PEDERSEN, O.F. 1991: *Human reactions to a mixture of indoor air volatile organic compounds*. Atmospheric Environment. Part A. General Topics 25(8): S. 1417-1426.
- KLEINBECK, U. 2010: *Handlungsziele*. S. 285-307 in: Heckhausen, J. und Heckhausen, H. (Hg.), Motivation und Handeln. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- KNUDSEN, H.N./ CLAUSEN, G. / FANGER, P.O. 1997: *Sensory characterization of emissions from materials*. Indoor Air 7(2): S. 107-115.
- KÖRNER, W. / STROH, K. 2003: *Organische Luftschadstoffe in Innenräumen–ein Überblick*, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, BayLfU.
- KRAUSE, R. / STANGE, R. 2012: *Sichtbares Spektrum*. S. 55-78 in: Krause, R. und Stange, R. (Hg.), Lichttherapie, Springer Berlin Heidelberg.
- KRIST, R. 1994: *Modellierung des Sitzkomforts: Eine experimentelle Studie*: Doctoral Thesis, Eichstädt, KU Eichstädt.
- KUTTLER, W. / ZMARSLY, E. 1996: *Bodennahes Ozon – Entstehung, standortabhängige Tagesgänge und Minderungsmaßnahmen*. Sonderdruck aus Entsorgungspraxis EP 14(5): S. 84-93.
- KWOK, A.G. 2000: *Thermal boredom*. In: Proceedings of 17th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Cambridge.

- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN 2010: *Erfassung der Anzahl Kfz vom 22.2.2010 bis zum 28.2.2010, Messstelle 4027 in München*, Landeshauptstadt München, Kreisverwaltungsreferat Hauptabteilung III Straßenverkehr Abteilung 1 - Verkehrsmanagement Unterabteilung 2 - Verkehrssteuerung Sachgebiet 4 - VZM und Verkehrssystem
- LEE, S.Y. / BRAND, J.L. 2005: *Effects of control over office workspace on perceptions of the work environment and work outcomes*. Journal of Environmental Psychology 25(3): S. 323-333.
- LEONTJEW, A.N. 1982: *Tätigkeit, Bewußtsein, Persönlichkeit*, Köln, Campus.
- LO, S.H./ PETERS, G.J.Y. / KOK, G. 2011: *Energy-related behaviors in office buildings: A qualitative study on individual and organisational determinants*. Applied Psychology 61(2): S. 227-249.
- LOCKLEY, S.W./ BRAINARD, G.C. / CZEISLER, C.A. 2003: *High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short wavelength light*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism 88(9): S. 4502-4505.
- LOVE, J.A. 1998: *Manual switching patterns in private offices*. Lighting Research and Technology 30(1): S. 45-50.
- LOVETT, M.C. 1998: *Choice*. S. 255-296 in: *Anderson, J. R. und Lebiere, C. (Hg.), The atomic components of thought*, Lawrence Erlbaum.
- LYNCH, K. 1960: *The image of the city*, MIT press.
- LYONS, P.R./ ARASTEH, D. / HUIZENGA, C. 2000: *Window performance for human thermal comfort*. In: Proceedings of ASHRAE Winter Meeting: S. 594-604, Dalla.
- MAAS, A. / KAISER, J.O. 1999: *SynergieHaus: Das SynergieHaus - Energetische Analyse und Bewertung von SynergieHäusern – Abschlussbericht*, Stuttgart, IRB-Verlag.
- MAAS, A./ OPPERMANN, J./ KAISER, J. / HOPFER, M. 1999: *Jahres-Heizwärmeverbrauch von SynergieHäusern*. HLH Lüftung/Klima, Heizung/Sanitär, Gebäudetechnik 50(7): S. 32-35.
- MAHDAVI, A. 2009: *Patterns and implications of user control actions in buildings*. Indoor and Built Environment 18(5): S. 440-446.
- MAHDAVI, A. / PROEGLHOEF, C. 2008: *Observation-based models of user control actions in buildings*. In: Proceedings of PLEA–Passive and Low Energy Architecture 2008 Conference: S. 22-24, Dublin.
- MAHDAVI, A. / PRÖGLHÖF, C. 2009: *User behavior and energy performance in buildings*. In: Proceedings of Internationale Energiewirtschaftstagung, Wien.
- MAHDAVI, A. / PRÖGLHÖF, C. 2010: *Predicting the deployment level of manually operated window shades in office buildings*. In: Proceedings of 1st CESBP, Cracow.
- MAHDAVI, A./ LAMBEVA, L./ MOHAMMADI, A./ KABIR, E. / PRÖGLHÖF, C. 2007: *Two case studies on user interactions with buildings' environmental systems*. Bauphysik 29(1): S. 72-75.
- MCINTYRE, D.A. 1977: *Sensitivity and discomfort associated with overhead thermal radiation*. Ergonomics 20(3): S. 287-296.

- McINTYRE, D.A. 1980: *Indoor climate*, London, Applied Science.
- MELIA, R.J.W./ DU V FLOREY, C. / CHINN, S. 1979: *The Relation between respiratory illness in primary school-children and the use of gas for cooking I-Results from a national survey*. International journal of epidemiology 8(4): S. 333-338.
- MESCHEDE, D. 2003: *Gerthsen Physik*, Berlin, Springer.
- MEYER, D.E. / KIERAS, D.E. 1997a: *A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part I. Basic mechanisms*. Psychol Rev 104(1): S. 3-65.
- MEYER, D.E. / KIERAS, D.E. 1997b: *A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 2. Accounts of psychological refractory-period phenomena*. Psychol Rev 104(4): S. 749-791.
- MIEDEMA, H.M. / OUDSHOORN, C.G. 2001: *Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals*. Environmental health perspectives 109(4): S. 409-416.
- MIEDEMA, H.M.E. / VOS, H. 1998: *Exposure-response relationships for transportation noise*. The Journal of the Acoustical Society of America 104: S. 3432-3445.
- MIEDEMA, H.M.E. / VOS, H. 1999: *Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise*. The Journal of the Acoustical Society of America 105(6): S. 3336-3344.
- MILLER, G.A./ GALANTER, E. / PRIBRAM, K.H. 1960: *Plans and the structure of behavior*, Holt, Reinhart and Winston, Inc.
- MOHSEENIN, V. 1994: *Human exposure to oxides of nitrogen at ambient and supra-ambient concentrations*. Toxicology 89(3): S. 301-312.
- MØLHAVE, L. 1991: *Volatile organic compounds, indoor air quality and health*. Indoor Air 1(4): S. 357-376.
- MØLHAVE, L./ BACH, B. / PEDERSEN, O.F. 1986: *Human reactions to low concentrations of volatile organic compounds*. Environment International 12(1): S. 167-175.
- MØLHAVE, L./ GRØNKJÆR, J. / LARSEN, S. 1991: *Subjective reactions to volatile organic compounds as air pollutants*. Atmospheric Environment. Part A. General Topics 25(7): S. 1283-1293.
- MOORE, T./ CARTER, D.J. / SLATER, A.I. 2002: *A field study of occupant controlled lighting in offices*. Lighting Research and Technology 34(3): S. 191-202.
- MOORE, T./ CARTER, D.J. / SLATER, A.I. 2003: *Long-term patterns of use of occupant controlled office lighting*. Lighting Research and Technology 35(1): S. 43-57.
- MYHRVOLD, A.N./ OLSEN, E. / LAURIDSEN, O. 1996: *Indoor environment in schools—pupils health and performance in regard to CO₂ concentrations*. In: Proceedings of Indoor Air: S. 369-371.
- NEWELL, A. 1994: *Unified theories of cognition*, Harvard University Press.
- NEWSHAM, G.R. 1994: *Manual control of window blinds and electric lighting: implications for comfort and energy consumption*. Indoor and Built Environment 3(3): S. 135-144.

- NEWSHAM, G.R./ MAHDAVI, A. / BEAUSOLEIL-MORRISON, I. 1995: *Lightswitch: a stochastic model for predicting office lighting energy consumption*. In: Proceedings of 3rd European Conference on Energy-Efficient Lighting: S. 59-66, Newcastle.
- NICOL, J.F. 2001: *Characterising occupant behaviour in buildings: towards a stochastic model of occupant use of windows, lights, blinds, heaters and fans*. In: Proceedings of 7th international IBPSA conference, Rio: S. 1073-1078, Rio de Janeiro.
- NICOL, J.F./ RIJAL, H./ HUMPHREYS, M.A. / TUOHY, P. 2007: *Characterising the use of windows in thermal simulation*. In: Proceedings of 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advance Ventilation Technologies in the 21st century: S. 27-29, Crete Island.
- NORM DIN 4108-2 2011: *Norm DIN V 4108-02:2011-10, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN 4109 1989: *Norm DIN DIN 4109:1989-11, Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN 5034 1985: *Norm DIN 5034-2:1985-02, Tageslicht in Innenräumen; Grundlagen*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN 5035-1 1990: *Norm DIN 5035-01:1990-06, Beleuchtung mit künstlichem Licht - Begriffe und allgemeine Anforderungen*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN 45631 1991: *Norm DIN 45631:1991-03, Berechnung des Lautstärkepegels und der Lautheit aus dem Geräuschspektrum; Verfahren nach E. Zwicker*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN 45641 1990: *Norm DIN DIN 45641:1990, Mittelung von Schallpegeln*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN 45681 2005: *Norm DIN 45681:2005-03, Akustik - Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschmissionen*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN EN 832 2003: *Norm DIN EN 832:2003-06, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs - Wohngebäude* Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN EN 12464-1 2011: *Norm DIN EN 12464-01:2011-08, Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN EN 12665 2011: *Norm DIN EN 12665:2011-09, Licht und Beleuchtung - Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN EN 13725 2003: *Norm DIN EN 13725:2003-07, Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN EN ISO 7730 2006: *Norm DIN EN ISO 7730:2006-05, Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.

- NORM DIN EN ISO 9241-11 1999: *Norm DIN EN ISO 9241-11:1998, Ergonomische Anforderungen für Büro-tätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN ISO 226 2006: *Norm DIN ISO 226:2003, Akustik - Normalkurven gleicher Lautstärkepegel*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN V 4108-6 2003: *Norm DIN V 4108-06:2003-6, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN V 4701-10 2003: *Norm DIN V 4701-10:2003-8, Energetische Bewertung heiz- und raumluft-technischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORM DIN V 18599 *Norm DIN V 18599, Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- NORMAN, D.A. 2002: *The design of everyday things*, Basic Books.
- OESTEREICH, B. 2009: *Die UML-Kurzreferenz 2.3 für die Praxis: Kurz, bündig, ballastfrei*, München, Oldenbourg Wissensch.Vlg.
- OLESEN, B.W. / PARSONS, K.C. 2002: *Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730*. Energy and buildings 34(6): S. 537-548.
- OLESEN, B.W./ SCHÖLER, M. / FANGER, P.O. 1978: *Discomfort caused by vertical air temperature differences*. S. 561-579 in: *Fanger, P. O. und Valbjørn, O.* (Hg.), Indoor Climate, Copenhagen, Danish Building Research Institute.
- PACIUK, M. 1990: *The role of personal control of the environment in thermal comfort and satisfaction at the workplace*. EDRA 21: S. 303-312.
- PACIUK, M. 1993: *An expanded model of thermal comfort in the office environment*. In: Proceedings of 6th international conference on indoor air quality and climate, indoor air: S. 4-8, Helsinki.
- PAGE, J./ ROBINSON, D./ MOREL, N. / SCARTEZZINI, J.L. 2008: *A generalised stochastic model for the simulation of occupant presence*. Energy and buildings 40(2): S. 83-98.
- PARDUCCI, A. 1965: *Category judgment: a range-frequency model*. Psychol Rev 72(6): S. 407-418.
- PARSONS, K.C. 2003: *Human thermal environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance*, London, Taylor & Francis Group.
- PATTE, F./ ETCHETO, M. / LAFFORT, P. 1975: *Selected and standardized values of suprathreshold odor intensities for 110 substances*. Chemical Senses & Flavor; Chemical Senses & Flavor 1: S. 283-305.
- PAUSTENBACH, D./ ALARIE, Y./ KULLE, T./ SCHACHTER, N./ SMITH, R./ SWENBERG, J./ WITSCHI, H. / HOROWITZ, SB 1997: *A recommended occupational exposure limit for formaldehyde based on irritation*. Journal of toxicology and environmental health 50(3): S. 217-263.

- PEAK, H. 1954: *Attitude and motivation*. S. 149-189 in: Jones, M. R. (Hg.), Nebraska Symposium on Motivation, University of Nebraska Press.
- PEDERSEN, E. / WAYE, K.P. 2004: *Perception and annoyance due to wind turbine noise—a dose–response relationship*. The Journal of the Acoustical Society of America 116(6): S. 3460-3470.
- PEDERSEN, E. / WAYE, K.P. 2007: *Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments*. Occupational and Environmental Medicine 64(7): S. 480-486.
- PEDERSEN, E./ BOUMA, J./ BAKKER, R. / VAN DEN BERG, F. 2008: *Response to wind turbine noise in the Netherlands*. In: Proceedings of 7th European conference on noise control, EURONOISE: S. 4049-4054, Paris.
- PELLERIN, N. / CANDAS, V. 2003: *Combined effects of temperature and noise on human discomfort*. Physiology & behavior 78(1): S. 99-106.
- PELLERIN, N. / CANDAS, V. 2004: *Effects of steady-state noise and temperature conditions on environmental perception and acceptability*. Indoor Air 14(2): S. 129-136.
- PERKINS, D.D./ WANDERSMAN, A./ RICH, R.C. / TAYLOR, R.B. 1993: *The physical environment of street crime: Defensible space, territoriality and incivilities*. Journal of Environmental Psychology 13(1): S. 29-49.
- PERSSON, P. B. 2011a: *Wasser- und Elektrolythaushalt*. S. 664-681 in: Schmidt, R. F., Lang, F. und Heckmann, M. (Hg.), Physiologie des Menschen. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- PERSSON, P. B. 2011b: *Energie- und Wärmehaushalt, Thermoregulation*. S. 834-853 in: Schmidt, R. F., Lang, F. und Heckmann, M. (Hg.), Physiologie des Menschen. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- PETTENKOFER, M.V. 1858: *Über den Luftwechsel in Wohngebäuden*, München, Cotta.
- PFÄFFEROTT, J. / HERKEL, S. 2007: *Statistical simulation of user behaviour in low-energy office buildings*. Solar energy 81(5): S. 676-682.
- PÖLLMANN, L. 1994: *Circadian and circannual variations in the evaluation of thermal comfort in a constant climate*. Indoor and Built Environment 3(3): S. 145-148.
- RAMSEY, D.R. 1995: *Task performance in heat: a review*. Ergonomics 38(1): S. 154-165.
- REED, S.K. 2007: *Cognition: Theory and applications*, Belmont, Thomson Wadsworth.
- REINHART, C.F. 2004: *Lightswitch-2002: a model for manual and automated control of electric lighting and blinds*. Solar energy 77(1): S. 15-28.
- RICHTER, P.G. 2004: *Architekturpsychologie: Eine Einführung*, Pabst Science Publ.
- RICHTLINIE GIRL 2008: *Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen, Geruchsimmissions-Richtlinie - GIRL -*, Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg.
- RICHTLINIE KLIMA 2008: *Richtlinie zu baulichen und planerischen Vorgaben für Baumaßnahmen des Bundes zur Gewährleistung der thermischen Behaglichkeit im Sommer*, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

- RICHTLINIE VDI 3940-4 2010: *Richtlinie VDI 3940-04:2010-06, Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung - Polaritätenprofile*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- RICHTLINIE VDI 6020-1 2001: *Richtlinie VDI 6020-1:2001-05, Anforderungen an Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation - Gebäudesimulation*. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- RIETSCHEL, H. / ESDORN, H. 2008: *Raumklimatechnik Band 1: Grundlagen*, Berlin, Springer.
- RIJAL, H.B./ HUMPHREYS, M.A. / NICOL, J.F. 2008a: *Development of behavioural algorithms for thermal simulation of buildings—Evaluating constraints on the operation of windows and fans*. In: Proceedings of 29th AIVC Conference on Advanced building ventilation and environmental technology for addressing climate change issues: S. 14-15, Kyoto.
- RIJAL, H.B./ HUMPHREYS, M.A. / NICOL, J.F. 2008b: *How do the occupants control the temperature in mixed-mode buildings? Predicting the use of passive and active controls*. In: Proceedings of Proceedings of air conditioning and the low carbon cooling challenge. Windsor, UK: S. 1-15, Windsor.
- RIJAL, H.B./ TUOHY, P.G./ NICOL, J.F./ HUMPHREYS, M.A. / CLARKE, J.A. 2007: *A window opening algorithm and UK office temperature field results and thermal simulation*. In: Proceedings of 10th IBPSA Conference on Building Simulation 2007, Rio de Janeiro.
- RIJAL, H.B./ TUOHY, P./ HUMPHREYS, M.A./ NICOL, J.F. / SAMUEL, A. 2012: *Considering the impact of situation-specific motivations and constraints in the design of naturally ventilated and hybrid buildings*. Architectural Science Review 55(1): S. 35-48.
- RIJAL, H.B./ TUOHY, P.G./ NICOL, J.F./ HUMPHREYS, M.A./ SAMUEL, A./ RAJA, I.A. / CLARKE, J. 2008c: *Development of adaptive algorithms for the operation of windows, fans and doors to predict thermal comfort and energy use in Pakistani buildings*. ASHRAE Transactions 114(2): S. 555-573.
- ROBINSON, D.W. / DADSON, R.S. 1956: *A re-determination of the equal-loudness relations for pure tones*. British Journal of Applied Physics 7(5): S. 166-181.
- ROLLAND, M.T. 1997: *Denkstrukturen-Sprachstrukturen*. Wirkendes Wort 47(1): S. 1-8.
- SARRIS, V. 2004: *Frame of reference models in psychophysics: A perceptual-cognitive approach*. S. 69-88 in: Kaernbach, C., Schroger, E. und Müller, H. (Hg.), *Psychophysics beyond sensation: Laws and invariants of human cognition*. Scientific psychology series, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- SAYERS, J.A./ SMITH, R.E./ HOLLAND, R.L. / KEATINGE, W.R. 1987: *Effects of carbon dioxide on mental performance*. Journal of Applied Physiology 63(1): S. 25-30.
- SCHEFFER, D. / HECKHAUSEN, H. 2010: *Eigenschaftstheorien der Motivation*. S. 43-72 in: Heckhausen, J. und Heckhausen, H. (Hg.), *Motivation und Handeln*. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- SCHERBAUM, C.A./ POPOVICH, P.M. / FINLINSON, S. 2008: *Exploring individual-level factors related to employee energy-conservation behaviors at work*. Journal of Applied Social Psychology 38(3): S. 818-835.
- SCHMIDT, H. 1996: *Schalltechnisches Taschenbuch: Schwingungskompandium*, Düsseldorf, Springer-Verlag GmbH.
- SCHÖNHAMMER, R. 2009: *Einführung in die Wahrnehmungspsychologie: Sinne, Körper, Bewegung*, UTB GmbH.

- SCHULZ, L. 1960: *Der jahreszeitliche Gang der Temperaturempfindung des Menschen anhand einer zehnjährigen Beobachtungsreihe*. Archiv Physik. Therapie 3: S. 245-255.
- SCHWARZE, S./ NOTHBOHM, G. / GÄRTNER, C. 2005: *Hochtonaudiometrie und lärmbedingter Hörschaden*. S. in: (Hg.), Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 10, Dortmund-Berlin-Dresden, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- SCHWEIKER, M. / SHUKUYA, M. 2009: *Comparison of theoretical and statistical models of air-conditioning-unit usage behaviour in a residential setting under Japanese climatic conditions*. Building and environment 44(10): S. 2137-2149.
- SEIFERT, B. 1999: *Richtwerte für die Innenraumluft - Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert)*. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42(3): S. 270-278.
- SHENDELL, D.G./ PRILL, R./ FISK, W.J./ APTE, M.G./ BLAKE, D. / FAULKNER, D. 2004: *Associations between classroom CO2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho*. Indoor Air 14(5): S. 333-341.
- SHOEMAKER, J.A. / REFINETTI, R. 1996: *Day-night difference in the preferred ambient temperature of human subjects*. Physiology & behavior 59(4): S. 1001-1003.
- SHUSTERMAN, D./ LIPSCOMB, J./ NEUTRA, R. / SATIN, K. 1991: *Symptom prevalence and odor-worry interaction near hazardous waste sites*. Environmental health perspectives 94: S. 25-30.
- SÖLLNER, G. 1968: *Bemerkungen zu einigen Verfahren der Blendungsbewertung*. 10: S. 111-118.
- SOLSO, R.L. 2005: *Kognitive Psychologie*, Springer Medizinverlag Heidelberg.
- SPIEGEL 1981: *Deutscher Dunst*. Der Spiegel vom 13.4.1981: S. 44, Hamburg, SPIEGEL-Verlag Rudolf Augstein.
- SPIEGEL 1984: *Grausame Werte*. Der Spiegel vom 21.5.1984: S. 53, Hamburg, SPIEGEL-Verlag Rudolf Augstein.
- SPIEGEL 1985: *Smog-Alarm: Alle Räder stehen still*. Der Spiegel vom 21.1.1985: S. 17, Hamburg, SPIEGEL-Verlag Rudolf Augstein.
- SPIEGEL 2012: *Index*. <http://www.spiegel.de/suche/index.html>? (aufgerufen am: 04.07.2012).
- SPORTANLAGENLÄRMSCHUTZVERORDNUNG 1991: *Achtzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Sportanlagenlärmschutzverordnung - 18. BImSchV), Sportanlagenlärmschutzverordnung vom 18. Juli 1991*.
- STEVENS, S.S. 1936: *A scale for the measurement of a psychological magnitude: loudness*. Psychological Review; Psychological Review 43(5): S. 405-416.
- STEVENS, S.S. 1955: *The measurement of loudness*. The Journal of the Acoustical Society of America 27(5): S. 815-829.
- STEVENS, S.S. 1957: *On the psychophysical law*. Psychol Rev 64(3): S. 153-181.

- STEVENS, S.S. 1962: *The surprising simplicity of sensory metrics*. American Psychologist 17(1): S. 29-39.
- STEVENS, S.S./ VOLKMAN, J. / NEWMAN, E.B. 1937: *A scale for the measurement of the psychological magnitude pitch*. The Journal of the Acoustical Society of America 8(3): S. 185-190.
- STOKOLS, D. / SHUMAKER, S.A. 1981: *People in places: A transactional view of settings*. S. 441-488 in: Harvey, J. H. und Hildale, N. J. (Hg.), *Cognition, social behavior, and the environment*, Erlbaum.
- STRASSER, H. 1993: *Ergonomie - Umgebungseinflüsse, Beleuchtung*. S. in: *Hettinger, T. und Wobbe, G. (Hg.), Kompendium der Arbeitswissenschaften*, Kiel Verlag.
- STROH, K. 2005: *Gerüche und Geruchsbelästigungen*, Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- SUTTER, Y./ DUMORTIER, D. / FONTOYNONT, M. 2006: *The use of shading systems in VDU task offices: A pilot study*. Energy and buildings 38(7): S. 780-789.
- TA LÄRM 1998: *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) vom 26. August 1998*.
- TA LUFT 2002: *Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002*.
- THAPAN, K./ ARENDT, J. / SKENE, D..J. 2001: *An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans*. The Journal of physiology 535(1): S. 261-267.
- THORNLIGHT 2012: *Electronic Catalogue*. http://www.thornlighting.com/object/PDF/DataSheet.aspx?ArticleID=97972&ModeID=21&lang=EN&DataSheetType=2&CompanyID=7&iso2=COM&template=lvk_tl&LDMPicFormat=emf&templateLitech=Standard_web&file=TLG97972.pdf (aufgerufen am: 27.04.2012).
- TILLER, D.K./ WANG, L.M./ MUSSER, A. / RADIK, M. 2010: *AB-10-017 Combined effects of noise and temperature on human comfort and performance (RP-1128)*. ASHRAE Transactions 116(2): S. 522-540.
- TOFTUM, J. 2002: *Human response to combined indoor environment exposures*. Energy and buildings 34(6): S. 601-606.
- TOFTUM, J. / NIELSEN, R. 1996: *Draught sensitivity is influenced by general thermal sensation*. International Journal of Industrial Ergonomics 18(4): S. 295-305.
- TOLMAN, E.C. 1948: *Cognitive maps in rats and men*. Psychol Rev 55(4): S. 189-208.
- TREDE, R. D. 2011: *Das somatosensorische System*. S. 272-297 in: *Schmidt, R. F., Lang, F. und Heckmann, M. (Hg.), Physiologie des Menschen*. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- TREISMAN, A.M. 1960: *Contextual cues in selective listening*. Quarterly Journal of Experimental Psychology 12(4): S. 242-248.
- TUAYCHAROEN, N. / TREGENZA, P.R. 2007: *View and discomfort glare from windows*. Lighting Research and Technology 39(2): S. 185-200.
- TUOHY, P.G./ RIJAL, H.B./ HUMPHREYS, M.A./ NICOL, J.F./ SAMUEL, A. / CLARKE, J.A. 2007: *Comfort driven adaptive window opening behaviour and the influence of building design*. In: *Proceedings of 10th IBPSA Conference, Building Simulation*.

- UMWELTBUNDESAMT 2012a: *Aktuelle Berichterstattung*. <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm#AktuelleBerichterstattungen> (aufgerufen am: 09.03.2012).
- UMWELTBUNDESAMT 2012b: *Luft und Luftreinhaltung, Ozon*. <http://www.umweltbundesamt.de/luft/schadstoffe/ozon.htm> (aufgerufen am: 09.03.2012).
- UMWELTBUNDESAMT 2012c: *Luft und Luftreinhaltung - Historische Karten der Luftbelastung seit 1985*. <http://www.umweltbundesamt.de/luft/immissionsituation/idaten-hist.htm> (aufgerufen am: 09.03.2012).
- VALENTI, S.S. / GOLD, J.M.M. 1991: *Social affordances and interaction I: Introduction*. *Ecological Psychology* 3(2): S. 77-98.
- VAUPEL, P. 2011: *Funktionen des Magen-Darm-Trakts*. S. 792-833 in: *Schmidt, R. F., Lang, F. und Heckmann, M.* (Hg.), *Physiologie des Menschen*. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- VEKEHRSLÄRMSCHUTZVERORDNUNG 1990: *Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV), Verkehrslärmschutzverordnung vom 12. Juni 1990*.
- VISCHER, J.C. 2007: *The effects of the physical environment on job performance: towards a theoretical model of workspace stress*. *Stress and Health* 23(3): S. 175-184.
- VOLPERT, W. 1983: *Das Modell der hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation*. S. 38-58 in: *Hacker, W., Volpert, W. und Cranach, M. V.* (Hg.), *Kognitive und motivationale Aspekte der Handlung*, Bern, Huber.
- VROOM, V.H. 1964: *Work and motivation*, Wiley.
- WANG, D./ FEDERSPIEL, C.C. / RUBINSTEIN, F. 2005: *Modeling occupancy in single person offices*. *Energy and buildings* 37(2): S. 121-126.
- WARGOCKI, P. 2004: *Sensory pollution sources in buildings*. *Indoor Air* 14(7): S. 82-91.
- WARGOCKI, P. / WYON, D.P. 2006: *Research report on effects of HVAC on student performance*. *ASHRAE journal* 48(10): S. 22-40.
- WÄRMESCHUTZV 1977: *Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden vom 11. August 1977*.
- WÄRMESCHUTZV 1994: *Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung - WärmeschutzV) vom 16. August 1994*.
- WARREN, R.M. / WARREN, R.P. 1958: *Basis for judgments of relative brightness*. *Journal of the Optical Society of America* 48(7): S. 445-450.
- WBGU 2009: *Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz*, Berlin, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung.
- WHO 2003: *Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*, Bonn, WHO Working Group.
- WICKER, A.W. 1987: *Behavior settings reconsidered: Temporal stages, resources, internal dynamics, context*. *Handbook of environmental psychology* 1: S. 613-653.

- WOHLWILL, J.F. 1974: *Human adaptation to levels of environmental stimulation*. Human Ecology 2(2): S. 127-147.
- WOLKOFF, P./ WILKINS, C.K./ CLAUSEN, P.A. / NIELSEN, G.D. 2005: *Organic compounds in office environments—sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry*. Indoor Air 16(1): S. 7-19.
- WYON, D.P. / SANDBERG, M. 1996: *Discomfort due to vertical thermal gradients*. Indoor Air 6(1): S. 48-54.
- WYSOCKI, C.J. / GILBERT, A.N. 2006: *National Geographic Smell Survey: Effects of age are heterogenous*. Annals of the New York Academy of Sciences 561(1): S. 12-28.
- YEGANEH, B./ HAGHIGHAT, F./ GUNNARSEN, L./ AFSHARI, A. / KNUDSEN, H. 2006: *Evaluation of building materials individually and in combination using odour threshold*. Indoor and Built Environment 15(6): S. 583-593.
- YUN, G.Y./ SHIN, J.Y. / KIM, J.T. 2011: *Influence of window views on the subjective evaluation of discomfort glare*. In: Proceedings of 3rd International Symposium on Sustainable Healthy Buildings, Seoul.
- ZEIT 2012: *Index*. <http://www.zeit.de/suche/index> (aufgerufen am: 04.07.2012).
- ZENNER, H. P. 2011: *Die Kommunikation des Menschen: Hören und Sprechen*. S. 315-335 in: Schmidt, R. F., Lang, F. und Heckmann, M. (Hg.), Physiologie des Menschen. Springer-Lehrbuch, Springer Berlin Heidelberg.
- ZWICKER, E. 1954: *Die Verdeckung von Schmalbandgeräuschen durch Sinustöne*. Acustica 4: S. 415-420.
- ZWICKER, E. 1958: *Über psychologische und methodische Grundlagen der Lautheit*. Acustica 8: S. 237-258.
- ZWICKER, E. 1961: *Subdivision of the audible frequency range into critical bands (Frequenzgruppen)*. The Journal of the Acoustical Society of America 33(2): S. 248.
- ZWICKER, E. / FELDTKELLER, R. 1967: *Das Ohr als Nachrichtenempfänger*, Stuttgart, Hirzel.
- ZWICKER, E. / TERHARDT, E. 1980: *Analytical expressions for critical-band rate and critical bandwidth as a function of frequency*. The Journal of the Acoustical Society of America 68(5): S. 1523-1525.
- ZWICKER, E. / JAROSZEWSKI, A. 1982: *Inverse frequency dependence of simultaneous tone-on-tone masking patterns at low levels*. The Journal of the Acoustical Society of America 71(6): S. 1508-1512.

BILDNACHWEIS:

- Titelbild zu Abschnitt 1, beleuchtetes Hochhaus bei Nacht: Rainer Sturm
- Titelbild zu Abschnitt 2, halbverschattetes Gebäude: Vivian Vu
- Titelbild zu Abschnitt 3, verglaste Häuserfront: Jörn von Grabe
- Titelbild zu Abschnitt 4, Fenster mit Schlagladen: Jörn von Grabe
- Titelbild zu Abschnitt 5, Kaminfeuer: Yvonne Baumann
- Titelbild zu Abschnitt 6, Gebäude mit Markisen: Vivian Vu
- Titelbild zum Literaturverzeichnis und Bildnachweis, Gebäudekante: Vivian Vu