

**BEWERTUNG VON KOSTEN UND RISIKEN  
BEI SANIERUNGSPROJEKTEN**

**DANIEL FEHLHABER**



Technische Universität München  
Fakultät für Architektur  
Lehrstuhl für Architekturinformatik

Bewertung von Kosten und Risiken bei Sanierungsprojekten

Daniel Fehlhaber

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Architektur der  
Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)  
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dipl.-Ing. Thomas Auer

Prüfer der Dissertation:

1. Prof. Dr.-Ing. Frank Petzold
2. Prof. Dr.-Ing. Werner Lang

Die Dissertation wurde am 24.03.2017 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Architektur am 10.07.2017 angenommen.



## Vorwort

Bei der praktischen Arbeit als Projektsteuerer und baubetrieblicher Berater trifft man viel zu oft auf Vorurteile und pauschale Aussagen, wenn es um nicht ganz alltägliche Sanierungsprojekte geht. Auf der einen Seite wird das Bauen im Bestand grundsätzlich als zu risikoreich bewertet und der reine Neubau propagiert, auf der anderen Seite wird die vorhandene Bausubstanz als Entschuldigung für unpräzise Aussagen oder nachträgliche Änderungen herangezogen, die leider oft zu zusätzlichen Aufwendungen und überzogenen Forderungen ausführender Unternehmen führen.

Meines Erachtens führen diese Ansätze dazu, dass die Chancen des Bauens im Bestand nicht in adäquater Weise genutzt werden. Aus ästhetischer, ökologischer und ökonomischer Sicht ist ein besserer Umgang mit der bestehenden Bausubstanz erforderlich, was jedoch nur durch eine bewusste Auseinandersetzung mit den Besonderheiten und unter Berücksichtigung dieser im Planungs- und Bauprozess möglich ist. Mit dieser Arbeit möchte ich einen Beitrag dazu leisten, dass die Präzision von Ermittlungen und Informationen im Planungsprozess erhöht sowie die Identifizierung und Bewertung von Optimierungspotentialen vereinfacht werden kann.

Ich danke allen, die mich während des Forschungsprojektes und der anschließenden langen Fertigstellung dieser Arbeit unterstützt haben. Besonders danken möchte ich Prof. Frank Petzold, der mich und dieses Thema stets unterstützte und förderte, sowie meiner Familie und meinen Kollegen. Nicht zuletzt gilt der Dank auch denen, die mich mit den oben angeführten Herangehensweisen an Bestandsprojekte immer wieder motiviert haben, einen besseren Weg zu finden und zu beschreiben.



## Inhaltsübersicht

Vorwort.....	I
Inhaltsübersicht.....	III
Inhaltsverzeichnis.....	IV
A Allgemeines .....	1
1 Einleitung .....	2
B Analyse der aktuellen Situation.....	7
2 Bauprojekte .....	8
3 Bauen und Planen im Bestand .....	21
4 Kostenplanung .....	30
5 Risikomanagement bei Bauprojekten.....	48
6 Bauaufnahme.....	61
7 Unterstützung nachhaltiger Entscheidungen.....	83
8 Notwendigkeit von Veränderungen .....	96
C Konzeption.....	103
9 Anforderungen an das System.....	104
10 Das unvollendete Modell .....	115
11 Die Kosten- und Risiko-Analyse .....	130
12 Änderungen im Projektablauf .....	149
13 Zusammenfassung und Ausblick.....	157
Anhang.....	VII
Abbildungsverzeichnis .....	VIII
Abkürzungsverzeichnis.....	X
Literaturverzeichnis.....	XII

# Inhaltsverzeichnis

- Vorwort ..... I
- Inhaltsübersicht..... III
- Inhaltsverzeichnis ..... IV
- A Allgemeines..... 1
  - 1 Einleitung ..... 2
    - 1.1 Neue Anforderungen und Perspektiven ..... 2
    - 1.2 Inhalt und Absicht..... 3
- B Analyse der aktuellen Situation ..... 7
  - 2 Bauprojekte..... 8
    - 2.1 Arten von Bauprojekten ..... 8
    - 2.2 Projektbeteiligte ..... 10
    - 2.3 Projektphasen ..... 13
    - 2.4 Projektziele und -anforderungen ..... 18
  - 3 Bauen und Planen im Bestand..... 21
    - 3.1 Eingrenzung ..... 21
    - 3.2 Besonderheiten ..... 24
    - 3.3 Entwicklung des Bauens ..... 26
    - 3.4 Informationstechnische Unterstützung ..... 28
  - 4 Kostenplanung ..... 30
    - 4.1 Arten der Kostenermittlung..... 30
    - 4.2 Kosten beeinflussende Faktoren ..... 35
    - 4.3 Lebenszykluskosten ..... 38
    - 4.4 Ökobilanzierung ..... 40
    - 4.5 Systeme zur Kostenermittlung..... 42
    - 4.6 Kostenabweichungen ..... 44
  - 5 Risikomanagement bei Bauprojekten ..... 48
    - 5.1 Risiko und Chance ..... 48
    - 5.2 Unsicherheit und Ungewissheit ..... 51

5.3	Projektrisiken .....	53
5.4	Kostenrisiko .....	55
5.5	Stand der Forschung .....	56
6	Baufaufnahme .....	61
6.1	Daten und Informationen .....	61
6.2	Raum- und Bauteilstrukturen .....	64
6.3	Digitale Bauaufnahme .....	66
6.4	Das digitale Gebäudemodell.....	69
6.5	Aufnahme von Zustand, Mängeln und Schäden.....	76
6.6	Detaillierung und Unsicherheiten .....	80
7	Unterstützung nachhaltiger Entscheidungen.....	83
7.1	Nachhaltigkeit .....	83
7.2	Grundlagen von Entscheidungen.....	86
7.3	Möglichkeiten der Verbesserung .....	89
7.4	Simulationen und weitere Auswertungen.....	91
7.5	Variantenuntersuchungen.....	94
8	Notwendigkeit von Veränderungen .....	96
8.1	Verbesserungen für den Planer .....	96
8.2	Verbesserungen für den Auftraggeber.....	98
8.3	Umfang der Veränderungen .....	100
C	Konzeption.....	103
9	Anforderungen an das System.....	104
9.1	Überblick.....	104
9.2	Allgemeine Anforderungen .....	105
9.3	Einsatzgebiete .....	107
9.4	Anforderungen an die Modellverwaltung .....	112
10	Das unvollendete Modell .....	115
10.1	Strukturierte Flexibilität .....	115
10.2	Differenzen zwischen Soll und Ist.....	118

10.3	Präzise Unschärfe .....	122
10.4	Informationsverdichtung .....	125
10.5	Lebenszyklus des Modells.....	128
11	Die Kosten- und Risiko-Analyse.....	130
11.1	Mathematischer Ansatz.....	130
11.2	Mögliche Aussagen .....	136
11.3	Zuverlässigkeit .....	141
11.4	Zusätzliche Auswertungen .....	143
11.5	Entscheidungsvorlagen .....	146
12	Änderungen im Projektablauf.....	149
12.1	Zusätzliche Anforderungen.....	149
12.2	Möglichkeiten der Steuerung.....	151
12.3	Wirtschaftlichkeit .....	153
12.4	Änderungen in Kommunikation und Bauausführung .....	155
13	Zusammenfassung und Ausblick .....	157
13.1	Vor- und Nachteile des konzipierten Systems .....	157
13.2	Möglichkeiten zur Umsetzung .....	159
13.3	Fazit .....	161
Anhang	.....	VII
Abbildungsverzeichnis	.....	VIII
Abkürzungsverzeichnis	.....	X
Literaturverzeichnis	.....	XII

## **A Allgemeines**

## **1 Einleitung**

### **1.1 Neue Anforderungen und Perspektiven**

In den letzten 20 Jahren hat sich die deutsche Bauwirtschaft aufgrund gesetzlicher, ökonomischer und ökologischer Anforderungen erheblich verändert. Der ehemals vorherrschende Neubau auf der grünen Wiese oder das Füllen von Baulücken in Städten und Siedlungen ist erheblich zurückgegangen und das Bauen im Bestand hat immer mehr Bedeutung gewonnen. Gleichzeitig wurde der Planungs- und Bauprozess unter anderem durch die digitale Revolution und die stetige Normierung erheblich professionalisiert.

Der Ablauf der Planung, die Kommunikation sowie die Dokumentation und Weiterbearbeitung von Unterlagen hat sich dabei grundlegend gewandelt. Die Entwicklung der technologischen Unterstützung bei der Planung sowie die Forschung zu Planungsabläufen orientieren sich jedoch maßgeblich an Neubauprojekten. Dies liegt hauptsächlich daran, dass in den meisten anderen Industrienationen noch immer Neubauten mit kurzen Lebenszyklen bevorzugt werden.

Durch die Fokussierung auf Neubauprojekte werden Besonderheiten des Bauens im Bestand nicht berücksichtigt. Darüber hinaus erhöht der Umgang mit der bestehenden Substanz erheblich die Komplexität des Planungsprozesses und der hierfür erforderlichen Systeme, sodass eine einfache Anpassung von bestehenden Systemen nicht möglich ist bzw. nicht ausreichen würde.

Die geänderten Anforderungen der Bauwirtschaft und die Entwicklungen der Planung bzw. Planungsunterstützung laufen daher aus Sicht des Verfassers aneinander vorbei. Zum Beispiel gibt es für Neubauprojekte Computersysteme, die durch eine detaillierte dreidimensionale und bauteilorientierte Planung die Risiken eines Neubaus minimieren können und als Grundlage für die Abstimmung der Planungsbeteiligten, diverse Simulationen und entscheidungsunterstützende Auswertungen dienen.

Bei konsequenter Anwendung solcher Systeme in der Praxis zeigt sich eine signifikante Reduktion von Risiken und damit verbesserte Möglichkeiten der Durchführung und Steuerung von Projekten. Die Anwendung solcher

bauteilorientierten Systeme ist jedoch bei Bestandsobjekten aufgrund fehlender Erweiterungen und Daten bislang selten sinnvoll.

Als Ergebnis dessen können bei Neubauprojekten mittlerweile schon in frühen Planungsphasen u.a. sehr sichere Kostenermittlungen erstellt und mit einzelnen verbleibenden Risiken versehen werden. Vergleichbare Aussagen sind bei Bestandsprojekten nicht möglich, wobei auf Basis der gängigen Ermittlungsmethoden noch nicht einmal der Grad der Ungenauigkeit benannt werden kann.

Das Risikomanagement ist aber eine Anforderung, die sich aus der Banken- und Immobilienwirtschaft immer mehr in der Bauwirtschaft durchsetzt. Hierzu fehlen bislang sinnvolle Methoden der Ermittlung und Bewertung, sodass viel zu oft pauschale Erfahrungswerte zu möglichen Kostenabweichungen herangezogen werden müssen.

Eine weitere Anforderung, die in den Planungs- und Bauprozess immer weiter eingehen wird, ist die Nachhaltigkeit von Objekten und deren Bewertung bzw. Dokumentation. Hierfür sind insbesondere beim Planen im Bestand deutlich mehr Informationen und geeignete Methoden bzw. Werkzeuge erforderlich, als bislang zur Verfügung stehen.

Die größte Anforderung in Kombination zu den vorbenannten Punkten ist der stetig zunehmende Zeitdruck. Auftraggeber erwarten aufgrund der Erfahrungen in anderen Wirtschaftsbereichen mittlerweile, dass innerhalb von kurzer Zeit erste verlässliche Aussagen zu Projektkosten und anderen Zielkriterien möglich sind. Auf Basis der gängigen Praxis zur Bauaufnahme und des Planens im Bestand ist diese Erwartung jedoch nicht zu erfüllen.

## **1.2 Inhalt und Absicht**

Die Probleme des Planens im Bestand und insbesondere bei der Ermittlung von Kosten und Risiken in frühen Planungsphasen sind der zentrale Kern dieser Arbeit. Die Untersuchung dieser Probleme und die Konzeption einer möglichen Lösung war bereits 2004/2005 Anlass und Inhalt meiner Diplomarbeit „Kosten-/

Risiko-Analyse-System für Sanierungsprojekte“<sup>1</sup> an der Bauhaus-Universität Weimar. Sie stand im Kontext vieler anderer Arbeiten und Forschungsprojekte im Zusammenhang mit der Bauaufnahme und der Entwicklung von semantischen und geometrischen Gebäudemodellen.

Das Thema und die Erkenntnisse der Diplomarbeit sind anschließend in das Forschungsprojekt „IT-gestützte projekt- und zeitbezogene Erfassung und Entscheidungsunterstützung in der frühen Phase der Planung im Bestand (Initiierungsphase) auf Grundlage eines IFC-basierten CMS“ aufgenommen worden<sup>2</sup>. Dieses Projekt wurde im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau mit Förderung des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung 2007/2008 an der Bauhaus-Universität Weimar und der TU München durchgeführt und wird nachfolgend als „ZBau Bestandserfassung“ bezeichnet.

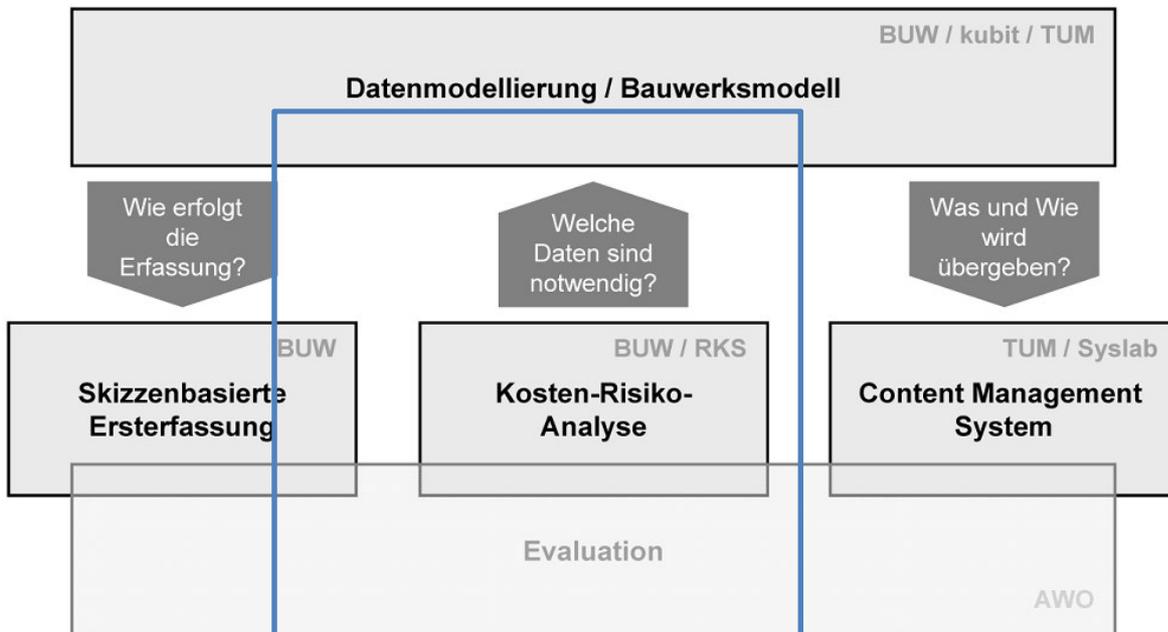


Abbildung 1: Arbeitspakete im Forschungsprojekt „ZBau Bestandserfassung“<sup>3</sup>

Innerhalb dieses Forschungsprojektes war der inhaltliche Schwerpunkt meiner Tätigkeit die Vorgabe der zusätzlichen Anforderungen an die Bauaufnahme und das Bauwerksmodell sowie die Konzeption und beispielhafte Umsetzung neuer Kostenermittlungsansätze (in Abb. 1 blau hervorgehoben). Die vorliegende Arbeit soll die Erkenntnisse meiner Forschungstätigkeit wiedergeben, in Teilaspekten

<sup>1</sup> Fehlhaber (2005)

<sup>2</sup> Donath (2010)

<sup>3</sup> ebenda; S. 11

deutlich erweitern und zu einer allgemeingültigen Anforderung an das Planen im Bestand zusammenfassen.

Ziel ist es, analog zur Neubauplanung die Planer dabei zu unterstützen, Risiken frühzeitig zu erkennen oder zu vermeiden und die verbleibenden Ungenauigkeiten so präzise wie möglich einzugrenzen. Auf dieser Basis sollen anschließend mit dem konzipierten System zur Kostenermittlung oder weiteren ähnlichen Anwendungen zuverlässige Auswertungen durchgeführt werden, die als Entscheidungsunterstützung in frühen Entwurfsphasen dienen.

Die Arbeit gliedert sich in zwei große Bereiche, die Analyse der aktuellen Situation (Abschnitt B) und die Konzeption (Abschnitt C). Im Abschnitt B werden aufgrund der vielen betroffenen Fachbereiche (Bauwirtschaft, Planer, Informatiker, ...) verschiedene grundlegende Ansätze erläutert. Anschließend werden im Abschnitt C die Anforderungen definiert, die Eingrenzung des Anwendungsgebietes vorgenommen und das System erläutert.



## **B Analyse der aktuellen Situation**

## 2 Bauprojekte

### 2.1 Arten von Bauprojekten

Gebäude bestehen heutzutage zwar zum Großteil aus industriell produzierten Gütern, sind aber aufgrund ihrer spezifischen funktionalen Anforderungen und örtlichen sowie zeitlichen Gegebenheiten jeweils einzigartig. Insbesondere der zeitliche Einfluss und die mit der Zeit wandelnden Anforderungen hinterlassen dabei ihre Spuren am Gebäude.

Im Lebenszyklus eines Gebäudes kommt es zu mehreren Zeitabschnitten mit hoher Veränderung (Bauphasen) sowie dazwischen zu Abschnitten mit hoher Kontinuität (Nutzungsphasen), in welchen lediglich Instandhaltungs- und kleinere Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt werden. Zu jeder größeren Bauphase gehört eine vorlaufende Planungsphase, in der die Anforderungen an das Gebäude für die nächsten Zeitabschnitte definiert und die einzelnen Leistungen geplant werden. Ein Bauprojekt ist die Summe aller zusammenhängenden größeren Planungs- und Baumaßnahmen mit einem definierten Ziel.

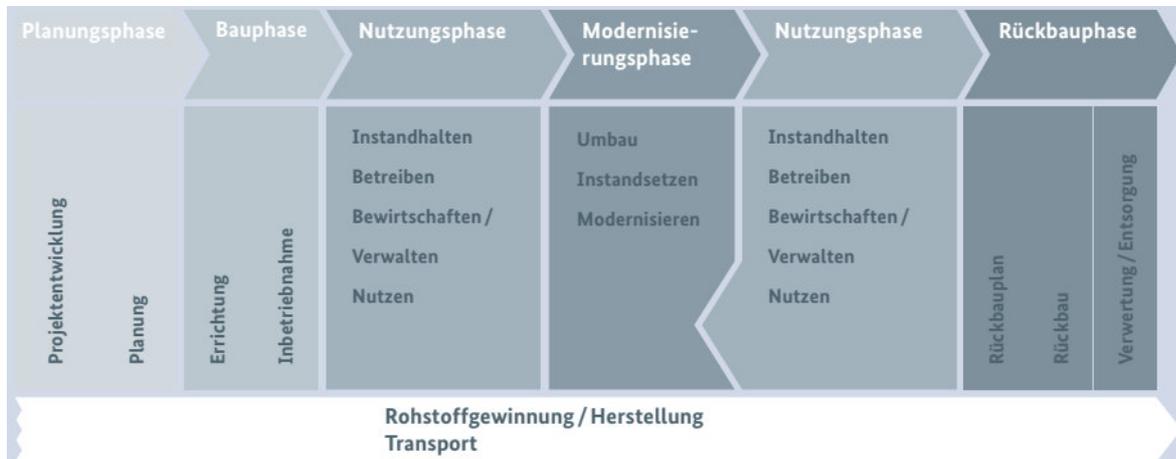


Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung des Lebenszyklus eines Gebäudes<sup>4</sup>

Der aktuelle Zustand eines Gebäudes wird durch alle durchgeführten Baumaßnahmen aber auch durch die natürliche Abnutzung und andere Einflüsse gekennzeichnet. Wenn die zukünftigen Anforderungen an das Gebäude mit dem aktuellen Zustand (dem Ist) nicht mehr vereinbar sind, wird das Ist zum

<sup>4</sup> BMUB (2014); S. 24

Ausgangspunkt eines Projektes, welches durch Erneuern, Verändern, Hinzufügen oder Entfernen von Elementen einen neuen Zustand (das Soll) anstrebt.

Das erste große Projekt im Lebenszyklus eines Gebäudes ist der Neubau (die Errichtung), bei welchem als Ist lediglich der Ort und eventuell angrenzende bzw. umliegende Gebäude berücksichtigt werden müssen. Der Neubau ist zwar häufig das kostenintensivste von allen Projekten, nimmt aber nur einen geringen Teil der anfallenden Gesamtkosten im Lebenszyklus eines Gebäudes ein. Trotzdem werden mit den Entscheidungen beim Neubau die grundlegenden Entscheidungen für die Möglichkeiten der Nutzung und der Umnutzung getroffen. Die später anfallenden Aufwendungen für den Betrieb, die Instandhaltung, Sanierungen und Umbauten hängen zwar direkt vom Neubau ab, ergeben aber ein Vielfaches von dessen Kosten.

Die Betrachtung und Optimierung der Nutzung von Objekten über den gesamten Lebenszyklus, u.a. bezeichnet als (Integrales) Facility Management<sup>5</sup>, war in den letzten Jahrzehnten ein großer Schwerpunkt der Forschung. Da es in dieser Arbeit aber speziell um die Optimierung von Prozessen in einzelnen Bauprojekten gehen soll, wird hier nicht weiter auf diesen umfassenden nutzungsorientierten Ansatz eingegangen.

Während der Nutzungsphasen werden hauptsächlich einfache Maßnahmen zur Instandhaltung der Bauelemente durchgeführt, welche nicht zu den Bauprojekten zu zählen sind. Zu diesen gehören Inspektionen (Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes), Wartungsarbeiten (Maßnahmen zur Verzögerung der Abnutzung), einfache Instandsetzungsarbeiten (Maßnahmen zur Rückführung in einen funktionsfähigen Zustand) sowie kleinere Verbesserungen (Maßnahmen zur Steigerung der Funktionssicherheit).<sup>6</sup>

Ist mit einfachen Maßnahmen keine Erhaltung der Funktion mehr möglich, werden zusätzliche Funktionen gewünscht (z.B. Energieeinsparung, neue technische Anlagen) oder werden wegen einer angestrebten Änderung der Nutzung umfangreiche Anpassungen erforderlich, sind diese Ziele nur noch mit einem Sanierungsprojekt zu erreichen. Typisch ist hierfür, dass nicht nur einzelne Bauteile, sondern ganze Gebäudeabschnitte oder das gesamte Gebäude

---

<sup>5</sup> vgl. Kahlen (1999)

<sup>6</sup> DIN 31051 (2012)

betroffen sind. Eine Sanierung geht über die Instandsetzung hinaus und schließt aufgrund aktueller Normen oder gesetzlicher Regelungen (Energieeinsparverordnung, Erneuerbare-Energien-Gesetz, Brandschutz, Statik, etc.) in der Regel umfangreiche Modernisierungen mit ein. Zusätzlich können Umnutzungen, der Um-, An- oder Ausbau sowie ein teilweiser Rückbau mit einer Sanierung verbunden werden.

Die letzte Baumaßnahme im Lebenszyklus des Gebäudes bzw. eines Gebäudeteils ist der Abbruch. Auch hier können erhebliche Aufwendungen in der Vorbereitung liegen, da die Art und Weise des Rückbaus maßgeblich von den verwendeten Materialien bestimmt wird. Gerade bei Materialien aus dem 20. Jahrhundert können durch verwendete Schadstoffe oder Verbundkonstruktionen hohe Entsorgungskosten entstehen, was leider oftmals erst im Laufe der Arbeiten entdeckt wird.

## **2.2 Projektbeteiligte**

Mit der Größe und Komplexität eines Projektes steigt auch immer die Anzahl der beteiligten Personen und Unternehmen. Diese haben in einem Projekt sowohl unterschiedliche Funktionen als auch stark abweichende Interessen, weswegen nachfolgend die einzelnen Gruppen vorgestellt und deren Aufgaben untersucht werden sollen.

Bei jedem Bauprojekt kann man die Mitwirkenden in vier Hauptgruppen einteilen, welche sich durch die Oberbegriffe Auftraggeber (AG), Öffentlichkeit, Planer und Bauunternehmen beschreiben lassen. Diese Begriffe orientieren sich hauptsächlich an der Funktion der Beteiligten und können daher bei unterschiedlichsten Projektgrößen und Projektarten verwendet werden. Bei einer steigenden Anzahl an Beteiligten, übernehmen diese häufig Teilleistungen aus einem Bereich. Für die vorliegende Arbeit ist es nicht erheblich, ob ein einzelner Projektbeteiligter (z.B. Projektentwickler, Totalunternehmer) auch Aufgaben aus mehreren Bereichen übernimmt. Relevant ist nur, welche Funktion er übernimmt und ob er dafür qualifiziert ist.

Neben dem klassischen Bauherrn befindet sich auf der Auftraggeberseite eine Vielzahl weiterer Beteiligter, die entweder einen Teil von dessen Funktionen übernehmen oder zu diesem über die Nachfrage (z.B. Nutzer, Erwerber), das Objekt (z.B. Eigentümer) oder die Finanzierung (z.B. Banken, Investoren) in Verbindung stehen. Da jede geschäftsfähige natürliche oder juristische Person als Bauherr auftreten kann, ist die Delegation von fachlich anspruchsvollen Aufgaben (z.B. Projektcontrolling und Projektsteuerung) gängig. So können die Pflichten zur Koordinierung, Überwachung und Steuerung an qualifizierte Dritte übertragen werden. Gar nicht delegierbar sind dagegen die Mittelbereitstellung und die Zieldefinitionen<sup>7</sup>, bedingt delegierbar sind die wichtigsten Aufgaben der Projektleitung wie das Abschließen von Verträgen, das Treffen von Weisungen und Entscheidungen<sup>8</sup>.

Die Interessen der Auftraggeberseite sind in einem Projekt vielfältig und zumeist schwer miteinander vereinbar. So stehen die Ansprüche an hohe Funktionalität und Qualität des Objektes denen an geringe Kosten und enge Termine des Projektes entgegen. Da jeder Vorteil auf der einen Seite einen Nachteil auf der anderen Seite mit sich ziehen kann, ist es erforderlich, dass jede Entscheidung gründlich vorbereitet wird und mit den Anforderungen und der Komplexität der Projekte auch die Fachkunde der Beteiligten steigt.

Die zweite Gruppe der Projektbeteiligten wird als Öffentlichkeit definiert, die hier nur am Rande erwähnt werden sollen. Die Interessen liegen in der Einhaltung aller Normen und Verordnungen sowie in einer positiven ästhetischen und funktionalen Eingliederung in die Umgebung. Diese Gruppe hat selten eine Vertragsbeziehung zu der Auftraggeberseite aber oft im Rahmen der rechtlichen Möglichkeiten eine Weisungsbefugnis.

Für die hier zu untersuchende Bewertung von Kosten und Risiken ist die Gruppe der Auftraggeberseitigen Planer von größter Bedeutung. In dieser sind nicht nur die Architekten und Ingenieure enthalten, die mit der Gesamtplanung des Projektes beauftragt werden, sondern auch alle Fachingenieure und Sachverständige zur Begutachtung und Lösung spezieller Probleme sowie alle

---

<sup>7</sup> vgl. Kochendörfer (2010); S. 10

<sup>8</sup> vgl. Kalusche (2005); S. 28 ff.

Beteiligten, die mit der Erfassung<sup>9</sup> des Objektes, der Nutzungskonzeption oder der Planung zu tun haben.

Dabei ist es nicht relevant, ob die Personen in direktem oder indirektem Vertragsverhältnis zum Auftraggeber stehen, zumindest sofern nicht eine vertragliche Verbindung zu einem Totalunternehmer besteht<sup>10</sup>. Die Aufgaben dieser Gruppe sind die Vorbereitung und Überwachung der Durchführung des Projektes. Die Anforderungen und Interessen dieser Beteiligten sind vergleichbar. So werden, zum größten Teil in Werkverträgen, vorher klar definierte Leistungen zu fest vereinbarten Vergütungen erbracht. Der Planer ist bestrebt, den geschuldeten Erfolg mit einem vertretbar geringeren Aufwand zu erbringen. Des Weiteren versucht er, sofern überhaupt möglich, ein für sich möglichst repräsentatives Ergebnis zu erreichen, um weitere Aufträge zu akquirieren.

Die Anforderungen durch den Auftraggeber sind deutlich vielseitiger. Die Planer sollen alle Projektziele berücksichtigen und weitestgehend umsetzen, alle Normen und Verordnungen einhalten, den Auftraggeber frühzeitig und umfassend auf anstehende Entscheidungen vorbereiten und darüber hinaus einen großen Teil der koordinativen Aufgaben übernehmen. Die Vielseitigkeit der Anforderungen steht dabei der Kenntnistiefe in einzelnen Bereichen gegenüber, was dazu führt, dass für unterschiedliche Aufgaben jeweils entweder Generalisten oder Spezialisten erforderlich sind. Weitere detaillierte Anforderungen, die sich zum Beispiel aus Normen und Verordnungen ergeben und mit dem Thema dieser Arbeit in engerem Zusammenhang stehen, werden in den nachfolgenden Kapiteln weiter beleuchtet.

Die letzte große Gruppe der Projektbeteiligten ist die der ausführenden Bauunternehmen, die nachfolgend ebenfalls nur am Rande vorkommt. In ihrem Interesse liegt es, die beauftragten Leistungen zügig und mit möglichst geringen Aufwendungen zu erbringen. Auch wenn zusätzliche Leistungen, Änderungen sowie Unterbrechungen und andere bauzeitliche Eingriffe beim Auftraggeber zusätzliche Kosten verursachen, haben die ausführenden Bauunternehmen selten Vorteile davon, da späte Änderungen meist hohe Aufwendungen und Störungen im Bauablauf auslösen. Sowohl für den Auftraggeber als auch für den

---

<sup>9</sup> siehe auch Kapitel 6

<sup>10</sup> vgl. Schulte (2013); S. 295 ff.

Auftragnehmer ist es daher von Vorteil, wenn vor der Ausführung der Leistungen möglichst alle Unsicherheiten und Ungewissheiten geklärt sind.

Die vier beschriebenen Gruppen werden in der weiteren Arbeit nur noch mit ihren Synonymen bezeichnet, sofern eine genauere Unterteilung nicht erforderlich ist. Da nicht auf alle speziellen Organisationsformen bei Bauprojekten eingegangen werden kann, müssen alle Personen, die mehr als einer Gruppe zugeordnet werden könnten, je nach der aktuell gegenständlichen Funktion betrachtet werden. So gehört zum Beispiel der Projektentwickler im Rahmen seiner Bedarfsermittlung und Nutzungsplanung zu den Planern und im Rahmen der Bauherrenaufgaben zu den Auftraggebern.

### **2.3 Projektphasen**

Die am stärksten verallgemeinerte Beschreibung des Ablaufes eines Bauprojektes stammt aus der Honorarordnung für Projektmanagementleistungen (AHO Schriftenreihe Heft 9 – Projektmanagementleistungen in der Bau- und Immobilienwirtschaft<sup>11</sup>). Sie benennt die fünf Projektstufen Projektvorbereitung, Planung, Ausführungsvorbereitung, Ausführung und Projektabschluss. Jedoch hat sich vor der allgemeinen Einführung der Theorie des Projektmanagements bereits ein deutlich komplexeres Phasenmodell in der Baupraxis etabliert. Dieses resultiert aus den neun Leistungsphasen des Objektplaners<sup>12</sup> und ist in der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)<sup>13</sup> beschrieben. Für jede dieser Leistungsphasen ist eine Reihe von Grundleistungen und besonderen Leistungen aufgeführt, welche im Laufe eines Projektes erforderlich werden können. Des Weiteren wird auch die anteilige Vergütung der einzelnen Leistungsphasen und damit für den Planer der jeweils vertretbare Aufwand festgelegt.

Beim Vergleich der beiden Phasenmodelle fällt auf, dass sie nicht komplett den gleichen Bereich abdecken und Projektstufen sich in einzelnen Punkten

---

<sup>11</sup> AHO (2014); S. 12

<sup>12</sup> Anm.: Für andere Leistungsbilder (Vermessung, Landschaftsplanung, etc.) wurden abweichende Leistungsphasen festgelegt.

<sup>13</sup> HOAI (2013); § 34 und Anlage 10

überschneiden. Für die Planung, Ausführungsvorbereitung, Ausführung und Projektabschluss gibt es zwar äquivalente Bereiche in den Leistungsphasen der HOAI, aber die Projektvorbereitung liegt üblicherweise eher im Aufgabenbereich der Auftraggeberseite und ist in der HOAI nur zu einem kleinen Teil (als Grundlagenermittlung des Planers) berücksichtigt.

Würde man die Logik der HOAI weiterführen, müsste man für alle auftraggeberseitigen Vorüberlegungen (je nach Projekt als Bedarfsplanung<sup>14</sup> oder Projektentwicklung<sup>15</sup>) noch eine Leistungsphase 0 einführen. Hier kann ergänzend auf das Phasenmodell einer Immobilien-Projektentwicklung<sup>16</sup> zurückgegriffen werden, welches mit den Festlegungen der AHO vergleichbar ist und eher aus der Sicht eines Auftraggebers aufgestellt wurde.

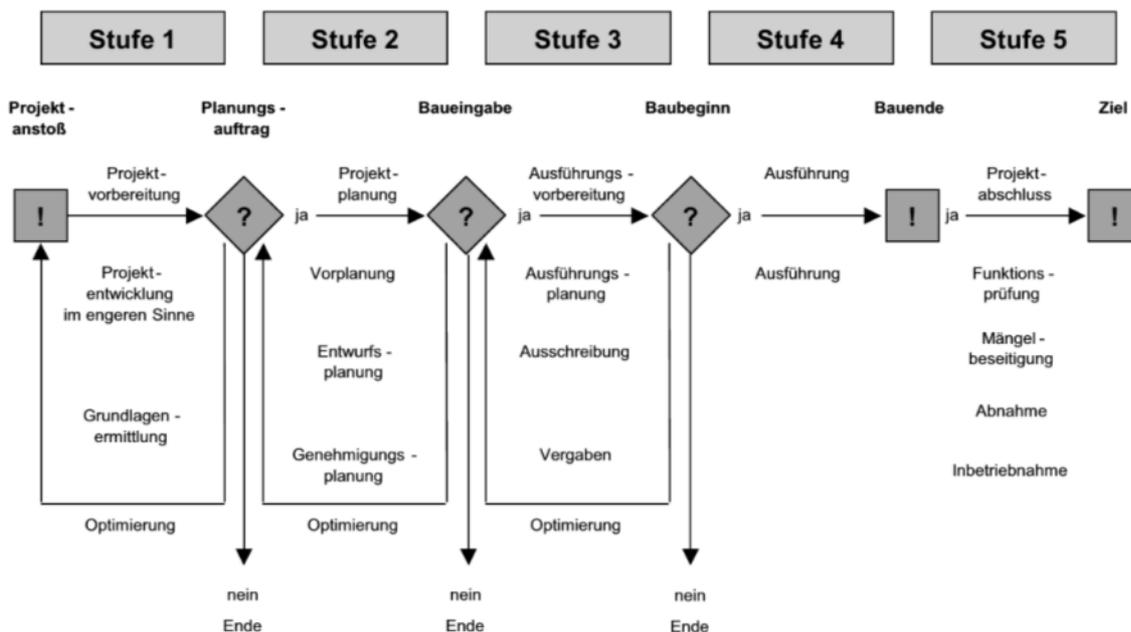


Abbildung 3: Phasenmodell der Immobilien-Projektentwicklung

Die fünf Stufen stellen die formalisierten Abläufe und Aufgaben eines klassischen Auftraggebers dar. Generell können aus Projektentwicklungen viele strukturierte Vorgehensweisen übernommen und damit eine höhere Professionalität bei Bauprojekten auf Auftraggeberseite erlangt werden. So sollte vor allem der Projektvorbereitung und den frühen Leistungsphasen ein deutlich höherer Stellenwert zukommen, da dort die wichtigsten Entscheidungen zu treffen sind.

<sup>14</sup> Hodulak (2011); S. 14 f.

<sup>15</sup> Motzko (2013); S. 137 f.

<sup>16</sup> Schulte (2016); S. 186 ff.

Neben den in der Abbildung 3 dargestellten stufenweisen Entscheidungen zum Fortführen oder Abbruch eines Projektes stehen eine Reihe weiterer Punkte, an denen der Auftraggeber maßgeblich ins Projekt eingreifen kann oder muss. Der Fortschritt eines Projektes wird aus Sicht des Auftraggebers gekennzeichnet durch wechselnde Werte bei vier wichtigen Parametern für die Entscheidungsfindung. Diese sind die bereits angefallenen Kosten als Höhe des minimalen Schadens bei einem Projektabbruch, die Kostenbeeinflussbarkeit als noch vorhandene Möglichkeit die Gesamtkosten (nach unten)<sup>17</sup> zu ändern, die Unsicherheit als Gegenwert des aktuellen Informationsgrades und das Projekt- bzw. Gesamtrisiko als Zusammenfassung der drei vorgenannten Parameter.

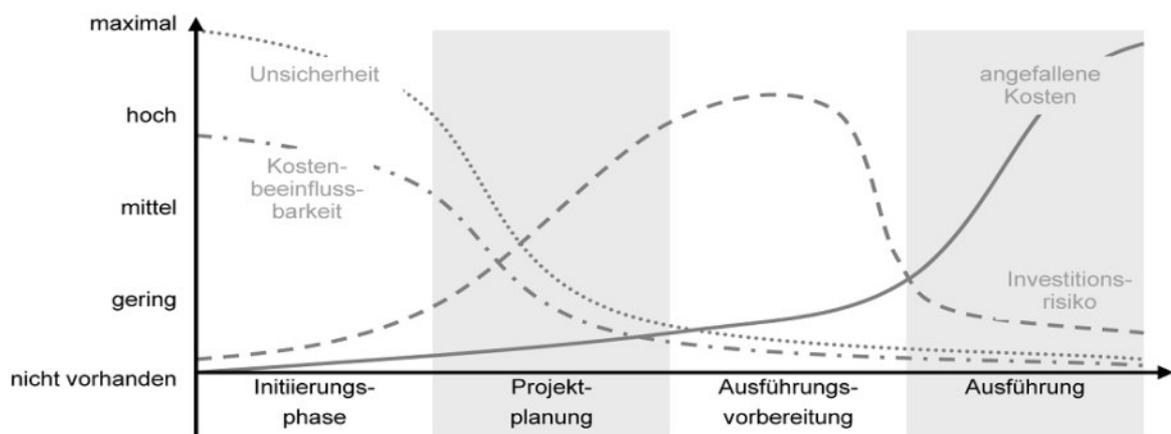


Abbildung 4: Entwicklung der Parameter im Projektverlauf<sup>18</sup>

Der Verlauf der Parameter ist dabei nicht in jedem Projekt identisch, hat aber typische Ausprägungen in den einzelnen Projektphasen. Zu Beginn des Projektes steht entweder eine Nutzungsidee, ein Standort oder das notwendige Kapital bzw. eine Kombination aus diesen Faktoren. So kann zum Beispiel der Wunsch einer Familie nach einem Haus im Grünen als Startpunkt eines (Neubau-)Projektes gesetzt werden, aber auch der Leerstand von Wohnungen oder einer gesamten Immobilie.

Kennzeichnend ist für diesen Zeitpunkt die maximale Unsicherheit, da kaum Informationen zum Ist und zum Soll des Objektes vorliegen. Gleichzeitig sind aber die Kostenbeeinflussbarkeit sehr hoch und die angefallenen Kosten minimal. Das Projektrisiko ist somit praktisch gleich null.

<sup>17</sup> Anm.: Eine Anpassung der Gesamtkosten nach oben ist mit Zusatzleistungen und höheren Qualitäten ohnehin jederzeit möglich.

<sup>18</sup> Donath (2010); S. 8

Ziel der Initiierungsphase ist, die übrigen Faktoren zu finden und ggf. unter Mitarbeit eines Planers (Leistungsphase 1 – Grundlagenermittlung) die wichtigsten Ziele des Projektes zu definieren. Ob dazu eine richtige Projektentwicklung mit allen erforderlichen Analysen oder eine einfache Recherche durchgeführt wird, bestimmen die Projektgröße und der Anspruch des Auftraggebers. Die Ergebnisse und Parameter sind jedoch miteinander vergleichbar.

Der Planer hat nach Abschluss seiner Bedarfsplanung einen Kostenrahmen<sup>19</sup> zu ermitteln und dem Auftraggeber „für grundsätzliche Wirtschaftlichkeits- und Finanzierungsüberlegungen und zur Festlegung der Kostenvorgabe“<sup>20</sup> zu übergeben. Am Ende der Projektvorbereitung steht eine Aussage zur Machbarkeit und zu den Zielen des Projektes, auf deren Grundlage die Entscheidung über die Fortführung des Projektes getroffen werden kann.

Bis zu dieser Entscheidung sind erst geringe Kosten angefallen (ca. 1 bis 2 Prozent des Investitionsvolumens). Die Fortführung des Projektes ist aber mit weiter steigenden Kosten verbunden, weswegen das Projektrisiko ebenfalls ansteigt. Die Unsicherheit ist noch immer hoch, da erst wenige verlässliche Informationen vorliegen. Die Kostenbeeinflussbarkeit ist mit Festlegung der Projekt- und Planungsziele bereits erheblich gesunken.

Mit der Beauftragung der Planungsphasen beginnt die zweite Stufe des Projektes. In der Vorplanung wird das grundlegende Konzept des Entwurfes erarbeitet und alle Anforderungen werden geklärt. Zum Abschluss der Vorplanung sind vom Planer ein Zielkatalog und die Kostenschätzung zu erstellen, mit deren Hilfe der Auftraggeber die Richtung des Projektes noch einmal anpassen kann. Die angefallenen Kosten belaufen sich mittlerweile auf ca. 2 bis 4 Prozent und die Kostenbeeinflussbarkeit ist weiter gesunken. Zwar sinkt mit der Untersuchung der Anforderungen und ggf. der Bestandsaufnahme auch die Unsicherheit, aber das Gesamtrisiko steigt bei Fortsetzung des Projektes auf einen mittleren Wert.

Mit der dritten Leistungsphase, der Entwurfsplanung, werden unter Berücksichtigung der definierten Anforderungen die meisten Entscheidungen zur Gestaltung und Wirtschaftlichkeit getroffen. Auf Basis der hier zu erstellenden Zeichnungen, Berechnungen und insbesondere der Kostenberechnung wird vom Auftraggeber über die notwendige Überarbeitung des Entwurfes oder einen

---

<sup>19</sup> siehe Kapitel 4.1 – Arten der Kostenermittlung

<sup>20</sup> Blecken (2007); S. 39

Projektabbruch entschieden. Da sich die angefallenen Kosten hier bereits auf durchschnittlich 5 Prozent erhöht haben, wäre eine Fortführung von möglicherweise unwirtschaftlichen Projekten für die meisten Investoren nicht tragbar. Die Kosten sind nach der Entwurfsplanung kaum noch beeinflussbar, die Unsicherheit ist zwar auch nur noch gering, Abweichungen können aber selbst bei einer ordentlichen Kostenberechnung noch bis zu 20 % betragen.<sup>21</sup>

Mit der Erstellung der Genehmigungsplanung endet die Projektplanung und der Auftraggeber muss über die Einreichung des Bauantrages entscheiden. Mit allen vorliegenden Untersuchungen und Berechnungen ist die Unsicherheit weiter gesunken, nach Einreichung der Unterlagen ist aber auch die Kostenbeeinflussbarkeit auf einen sehr geringen Wert gesunken. Lediglich mit der Qualität kann jetzt noch relevanter Einfluss auf die Investition genommen werden. Die angefallenen Kosten sind je nach Komplexität auf 5 bis 10 Prozent gestiegen und das Projektrisiko ist bei einer Fortsetzung als hoch einzustufen.

Obwohl in der Ausführungsvorbereitung nur noch wenige Dinge geändert werden können bzw. sollen, liegt ein hoher Bearbeitungsaufwand in den Leistungsphasen 5 (Ausführungsplanung) bis 7 (Mitwirkung bei der Vergabe). Die genaue Festlegung der Konstruktionen, Details und Materialien sowie darauf aufbauend die Ermittlung, Beschreibung und Vergabe der Leistungen wird mit etwa einem Drittel des Gesamthonorars vergütet. Mit dem Kostenanschlag erhalten Planer und Auftraggeber erstmalig eine relative Kostensicherheit auf Grundlage von bepreisten Leistungsverzeichnissen. Die Unsicherheit reduziert sich damit auf ein Restrisiko für in der Planung nicht erkannte Mängel/Probleme. Die angefallenen Kosten betragen mittlerweile ca. 10 bis 15 % und steigen mit dem Abschluss von Bauverträgen sprunghaft an<sup>22</sup>. Die Kostenbeeinflussbarkeit hat sich mit der Vergabe auf einen sehr geringen Wert reduziert. Das Gesamtrisiko ist aber wegen den wegfallenden Unsicherheiten auf einen mittleren Wert gesunken.

Mit der Ausführung steigen die angefallenen Kosten schnell an und damit sinkt die Beeinflussbarkeit auf 0. Die letzten Unsicherheiten des Projektes fallen im Laufe der Ausführung und der Mängelbeseitigung ebenfalls weg und das Gesamtrisiko

---

<sup>21</sup> siehe hierzu Kapitel 4.6 - Kostenabweichungen

<sup>22</sup> Anm.: Auch wenn keine Leistungen ausgeführt werden, hat der Bauunternehmer einen Anspruch auf Teile seiner kalkulierten Deckungsbeiträge.

sinkt auf einen sehr geringen Wert<sup>23</sup>. Die Kostenfeststellung als letzte Art der Kostenermittlung dient zum Vergleich der verschiedenen Ermittlungsstufen mit den tatsächlich entstandenen Kosten. Lediglich ein kleiner Betrag bleibt noch für den Projektabschluss offen.

Funktionsprüfungen, Abnahmen und die Überwachung der Mangelbeseitigung gehören nach HOAI zur Leistungsphase 8 dazu, werden aber im Phasenmodell der Immobilien-Projektentwicklung zum Projektabschluss geordnet. Mit der Inbetriebnahme des Objektes endet das Projekt und die angefallenen Kosten erreichen ihren Maximalwert. Unsicherheiten im Bereich der Planung und Ausführung kann es nicht mehr geben und ein Projektrisiko ist damit praktisch nicht mehr vorhanden.

## **2.4 Projektziele und -anforderungen**

Die vom Auftraggeber vorgegebenen Ziele zur Wirtschaftlichkeit und Qualität des fertigen Objektes können als Anforderungen an die Nachhaltigkeit (siehe Kapitel 7.1) zusammengefasst werden. Hier ergeben sich zwangsläufig Konfliktpunkte, da häufig eine höhere Funktionalität, eine höhere Gestaltungsqualität oder eine höhere Haltbarkeit nur mit zusätzlichem Verbrauch ökonomischer oder ökologischer Ressourcen erreicht werden können. Hier sind für alle Beteiligten unterschiedliche Aspekte im Vordergrund, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit aber nur am Rande betrachtet werden sollen.

Bei der Vorstellung der verschiedenen Projektbeteiligten wurde bereits darauf eingegangen, dass es für die einzelnen Gruppen unterschiedliche Motivationen und Ziele gibt. Mit Ausnahme der Öffentlichkeit vereint alle Beteiligten besonders der Wunsch nach der individuellen Wirtschaftlichkeit des Projektes, was oft genug zu Streitigkeiten führt.

Mit dem Rückgang der Bauleistung um ca. 40 Prozent zwischen 1996 und 2005<sup>24</sup> und dem damit einhergehenden Preis- und Verdrängungskampf verschärfte sich

---

<sup>23</sup> Anm.: Risiken der Vermietung oder des Verkaufs der Immobilie werden hier nicht berücksichtigt. Weiteres hierzu in Kapitel 5.3 – Projektrisiken.

<sup>24</sup> destatis (2008); S. 9

dieser Konflikt stark. Auftraggeber erwarteten die volle Leistung zu niedrigen Preisen und Planer bzw. Bauunternehmen mussten sehr knapp kalkulieren, um überhaupt Aufträge zu erhalten. Dass mit diesem Preisniveau oftmals die erforderliche oder gewünschte Qualität nicht erreicht werden konnte, wurde dabei in Kauf genommen. „Es gibt kaum etwas auf dieser Welt, das nicht irgend jemand ein wenig schlechter machen kann und etwas billiger verkaufen könnte ...“ stellte bereits John Ruskin im 19. Jahrhundert fest<sup>25</sup> und hat damit auch heute noch recht.

Auch wenn ab 2006 die Baunachfrage und das Preisniveau wieder gestiegen sind, ist diese Mentalität in der Praxis weiterhin vorhanden. So ist noch immer nicht bei jedem Planungs- oder Bauvertrag die gewünschte Leistung mit der vereinbarten Vergütung zu erreichen. Änderungen während der Ausführung und damit verbundene Streitigkeiten um zusätzliche Vergütungen verursachen darüber hinaus Unsicherheiten, die nicht im Sinne des Auftraggebers sein können.

Wichtig ist daher bei jedem Projekt, dass möglichst alle auszuführenden Leistungen und Qualitäten sorgfältig untersucht, geplant und beschrieben werden. Diese Forderung, die unter anderem für öffentliche Aufträge aus dem § 7 der VOB/A<sup>26</sup> hervorgeht, ist nicht nur im Sinne der Auftragnehmer sondern auch der Auftraggeber. Versuche, die Risiken aus einer unvollständigen Planung durch Pauschalverträge auf die Bauunternehmen zu übertragen, sind nur selten erfolgreich. Auch bei diesen Verträgen bewirken Änderungswünsche der Planer und Auftraggeber sowie in der Kalkulation nicht erkennbare Leistungen einen gesonderten Vergütungsanspruch.

Neben der Wirtschaftlichkeit sind für alle Beteiligten die Termine von großer Bedeutung. Ein zügiger und vor allem reibungsloser Projektablauf ist von Vorteil, wobei eine höhere Geschwindigkeit ab einem bestimmten Punkt zu erheblichen Mehraufwendungen führen kann. Die erforderlichen Abstimmungen sollten möglichst früh im Projekt vorgenommen werden und die Kommunikation zwischen Entscheidungsträgern und Wissensträgern im gesamten Projektverlauf weitestgehend direkt erfolgen.

---

<sup>25</sup> Anm.: Gemäß [http://de.wikiquote.org/wiki/John\\_Ruskin](http://de.wikiquote.org/wiki/John_Ruskin) wird dieses Zitat zu Unrecht John Ruskin zugeschrieben. Der Untersuchung von Prof. Landow nach ist der Verfasser unbekannt.

<sup>26</sup> VOB/A (2012); § 7 (1) – Leistungsbeschreibung, Allgemeines

Dabei sind Festlegungen jedoch nur auf Basis gesicherter Informationen sinnvoll. Eine frühe Entscheidung unter hoher Unsicherheit führt häufig zu späteren Änderungen oder qualitativen Einbußen. Ein Hinauszögern von Entscheidungen kann im Gegenzug zu Stillstand oder Mehrfachbearbeitungen führen. Insofern ist es wichtig, frühzeitig allgemeine Projektziele zu definieren und die weiteren detaillierenden Entscheidungen bewusst nach Kenntnisstand und Erfordernis zu treffen.

Die schnelle Reduzierung der Unsicherheit unter Aufrechthaltung der Kostenbeeinflussbarkeit ist dabei für den Auftraggeber und die Planer gleichermaßen wichtig. Die damit einhergehenden Aufwendungen sollten aus Sicht des Auftraggebers jedoch wirtschaftlich vertretbar bleiben und aus Sicht des Planers komplett vergütet werden. Eine fehlende Vergütung des Planers führt in der Regel zur Reduktion seiner Leistung oder eine Verschiebung auf spätere Projektphasen.

Aus Sicht der Bauunternehmen sollte zu deren Einstieg ins Projekt (Phase Ausführungsvorbereitung) keine relevante Unsicherheit mehr vorhanden sein. Auch die Kostenbeeinflussbarkeit, die Auftraggeber und Planer noch weiter aufrechterhalten möchten, sollte aus Sicht der ausführenden Unternehmen minimiert werden, da die meisten Änderungen der vertraglichen Leistung bei den Bauunternehmen Störungen und Mehraufwendungen verursachen. Auch hier empfiehlt es sich, für jede offene Entscheidung einen verbindlichen Termin abzustimmen und gezielt die Unsicherheiten zu reduzieren.

### 3 Bauen und Planen im Bestand

#### 3.1 Eingrenzung

Das Bauen im Bestand nimmt in der deutschen Bauwirtschaft trotz kurzfristig steigender Neubauvorhaben eine dominierende Rolle ein. Nach Auswertung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) hatten zum Ende der 90er Jahre Bauvorhaben im Neubau und im Bestand noch etwa das gleiche jährliche Volumen.<sup>27</sup> Im Jahr 2013 wurden im Wohnungsbau bereits 128 Mrd. von 175 Mrd. € Bauvolumen im Bestand umgesetzt und im gewerblichen und öffentlichen Hochbau 54 von 86 Mrd. €.<sup>28</sup>

Somit macht das Bauen im Bestand mittlerweile rund 70% des gesamten Bauvolumens im Hochbau und knapp 7% des gesamten Bruttoinlandsprodukts<sup>29</sup> aus. Die zunehmende Verdichtung in den Großstädten, die sinkende Nachfrage auf dem Land sowie der gesellschaftliche und wirtschaftliche Anreiz zur energetischen Sanierung werden langfristig diese Entwicklung unterstützen.

Struktur der Wohnungsbauleistungen in Deutschland zu jeweiligen Preisen in Mrd. Euro

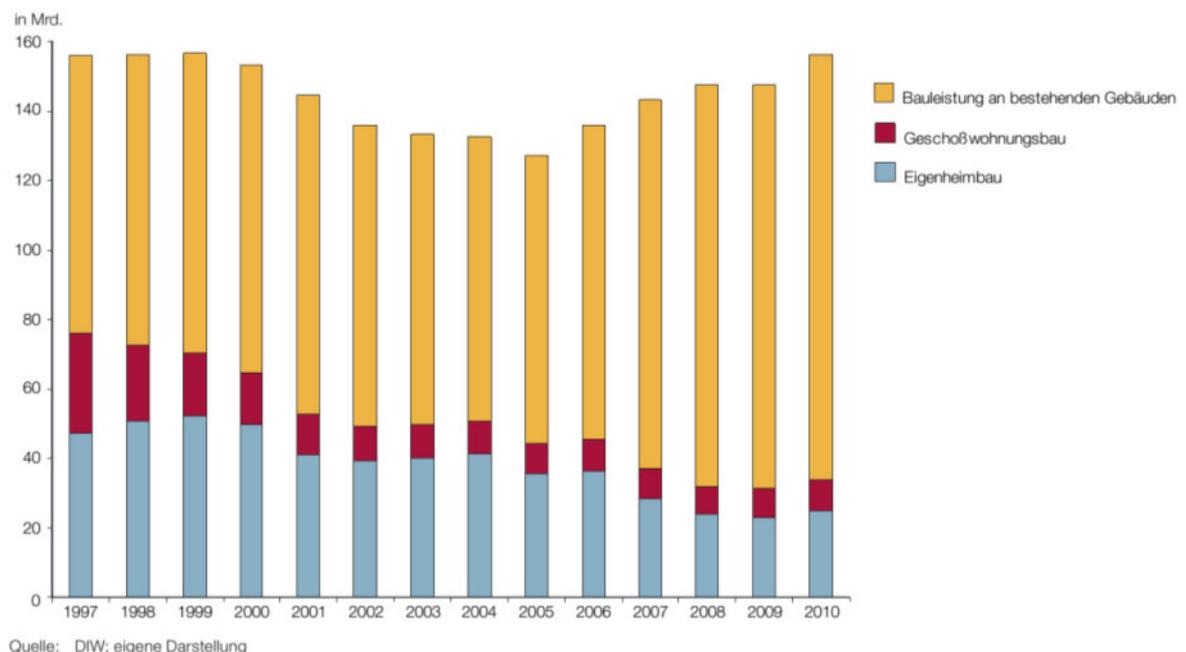


Abbildung 5: BBSR – Aufteilung Neubau/Bauen im Bestand beim Wohnungsbau bis 2010<sup>30</sup>

<sup>27</sup> BBSR (2011); S. 8

<sup>28</sup> BBSR (2014); S. 2

<sup>29</sup> vgl. destatis (2014); S. 13

<sup>30</sup> BBSR (2011); S. 8

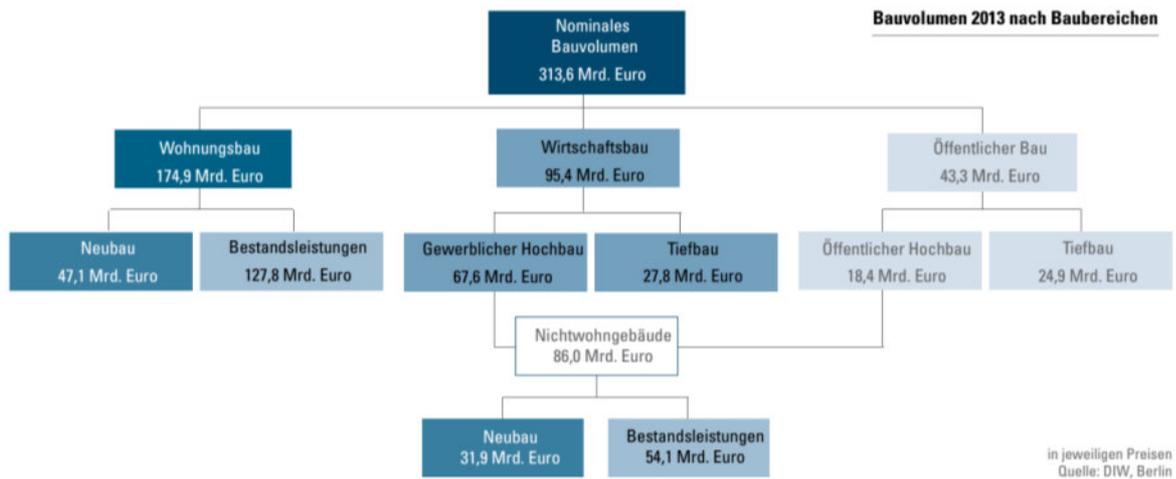


Abbildung 6: BBSR – Aufteilung Bauvolumen auf Neubau/Bauen im Bestand 2013<sup>31</sup>

Unter dem Oberbegriff „Bauen im Bestand“ werden verschiedene Leistungen zusammengefasst. Entsprechend der Einordnung der verschiedenen Bauprojekte (Kapitel 2.1) werden innerhalb von Nutzungsphasen hauptsächlich einfache Instandsetzungen (Reparaturen) oder Verbesserungen durchgeführt. Außerhalb von Nutzungsphasen werden häufig umfangreichere Instandsetzungen, auch als Renovierung oder Wiederherstellung bezeichnet<sup>32</sup>, durchgeführt. Die Summe aller reinen Instandsetzungen bzw. Reparaturen nahmen nach Angaben des BBSR im Jahr 2010 einen Anteil von ca. 11% des Bauens im Bestand ein<sup>33</sup> und werden in der Regel ohne umfangreiche Planungen ausgeführt. Für die hier vorgeschlagene Methode sind diese Maßnahmen kaum relevant und können daher vernachlässigt werden.

Beim größten Teil der Bauprojekte im Bestand werden neben der Instandsetzung von Bauteilen auch umfangreiche Modernisierungen zur Erhöhung des Gebrauchswertes oder zur Anpassung an aktuelle Normen und Gesetze durchgeführt. Aufgrund der verschiedenen Lebensdauern einzelner Bauelemente werden selten alle Bauteile zugleich modernisiert, weswegen noch eine Unterscheidung zwischen Teil- und Vollmodernisierungen vorgenommen wird. Neddermann fasst diese „nachhaltigen Instandsetzungen und umfassenden Modernisierungen“ als Sanierungen<sup>34</sup> zusammen. Weitere große Bauprojekte sind

<sup>31</sup> BBSR (2014); S. 2

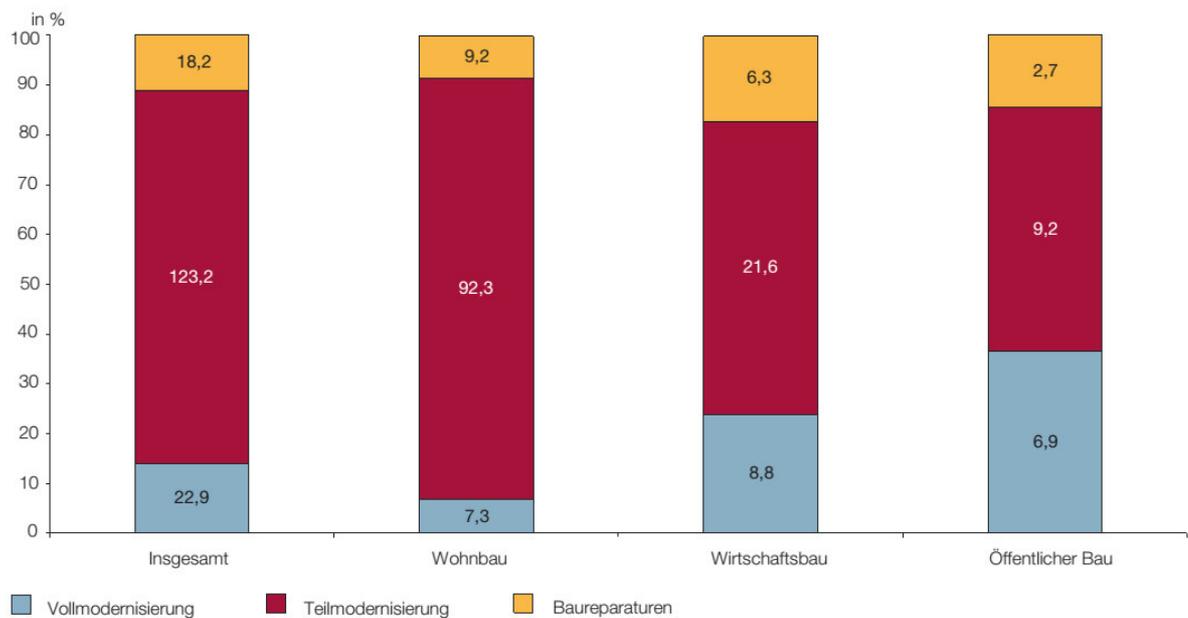
<sup>32</sup> vgl. Neddermann (2007); S. 54

<sup>33</sup> BBSR (2011); S. 4

<sup>34</sup> Neddermann (2007); S. 53

Umnutzungen, Aus- und Anbauten, die in der Regel ebenfalls im Zusammenhang mit der Instandsetzung bzw. Modernisierung von angrenzenden Bestandsbauteilen stehen. Nach Darstellung des BBSR wurden im Jahr 2010 ca. 23 Mrd. € (14%) des Bauvolumens im Bestand für Vollmodernisierungen und 123 Mrd. € (75%) für Teilmodernisierungen aufgewendet<sup>35</sup>, wobei diese nicht weiter nach Anlass und Umfang unterschieden werden.

Bestandsvolumen nach Voll- und Teilmodernisierung sowie Baureparaturen (in Mrd. Euro)



Quelle: Heinze GmbH; eigene Darstellung

Abbildung 7: BBSR – Aufteilung Modernisierungen und Reparaturen Stand 2010

In der Praxis und zum Teil auch in der Literatur werden die unterschiedlichen Projektbezeichnungen oft nicht sauber abgegrenzt, weswegen u.a. Neddermann den umfassenden Begriff der „Bauerneuerungsmaßnahme“ verwendet, der auch Instandhaltungsmaßnahmen mit einschließen soll<sup>36</sup>. In dieser Arbeit wird nachfolgend der Begriff „Sanierung“ verwendet, der eher zu den umfangreicheren und planungsintensiven Baumaßnahmen im Bestand gehört und somit am besten zur vorgestellten Methode passt.

<sup>35</sup> BBSR (2011); S. 4

<sup>36</sup> vgl. Neddermann (2007); S. 5 und 53 ff.

### 3.2 Besonderheiten

Die große Herausforderung und gleichzeitig auch die große Chance bei Bestandsprojekten ist der Umgang mit den vorhandenen Strukturen. Soweit diese ihre technische und gestalterische Funktion auch für die weitere Nutzung erfüllen können, ist die Erhaltung anzustreben. Durch den Wandel der Anforderungen und den Verschleiß ist dies jedoch immer nur für einen Teil der Bauteile möglich.

Die Aufgabe des Planers besteht darin, die vorhandene Struktur aufzunehmen und auf Grundlage aktueller Normen und funktionaler Anforderungen zu entscheiden, in welchem Umfang einzelne Bauteile angepasst, ergänzt oder entfernt werden müssen.

Dieser Prozess der Entscheidungsfindung erstreckt sich jedoch über den kompletten Planungszeitraum und ist bis zur Ausführung nicht abgeschlossen. Bei einer Abweichung zwischen dem geplanten Soll und dem vorhandenen Ist können verschiedene Fälle auftreten, die innerhalb der Planung unterschiedlich zu behandeln sind:

1. Das Ist-Bauteil erfüllt die technische (z.B. statische) Funktion überhaupt nicht mehr und muss erneuert werden.
2. Das Soll ist aufgrund rechtlicher Anforderungen (z.B. Brandschutz) zwingend zu erreichen.
3. Das Soll ist aufgrund rechtlicher Anforderungen (z.B. EnEV<sup>37</sup>) üblicherweise zu erreichen, Ausnahmen oder Abweichungen sind jedoch möglich.
4. Das Ist erfüllt die Funktion nur noch bedingt.
5. Das Soll ist eine Anforderung des Nutzers, deren Umsetzung gewünscht aber nicht zwingend ist.
6. Das Soll ist ein Vorschlag des Planers auf Grundlage von aktuellen technischen oder gestalterischen Gesichtspunkten.

Bei den ersten beiden Fällen ist eine Umsetzung obligatorisch und die Aufgabe des Planers besteht darin, die sinnvollste Maßnahme zu bestimmen, die das Ist zum Soll überführt. Für die übrigen Fälle ist im Laufe der Planung ggf. auch mehrfach abzuwägen, mit welchen Mitteln das Soll in welchem Umfang zu

---

<sup>37</sup> vgl. EnEV (2014); § 24 Ausnahmen

erreichen ist. Hierbei kann die Abwägung eines Falles auch erheblichen Einfluss auf andere bereits getroffene Entscheidungen haben.

Entgegen dem Planungsprozess bei Neubauten, der auf eine immer höhere Detaillierung und Optimierung des Solls ausgerichtet ist, muss beim Bauen im Bestand der fortschreitende Kenntnisstand zum Ist berücksichtigt werden. Aus diesem Grund können sich bei neuen Erkenntnissen auch spät im Projekt noch Änderungen ergeben. Diese erhöhten Risiken gegenüber dem Neubau sind nie auszuschließen, können aber gezielt untersucht und auf ein vertretbares Maß eingegrenzt werden.

Dem gegenüber steht jedoch die große Chance, die Lebensdauer und den Abnutzungsvorrat von Bauteilen möglichst optimal zu nutzen und damit die ökologischen und ökonomischen Kosten der Sanierungsmaßnahme und des gesamten Lebenszyklus zu senken. Hierfür stehen mittlerweile umfassende Untersuchungen zu üblichen Lebenserwartungen<sup>38</sup> und Abnutzungseinflüssen<sup>39</sup> verschiedener Bauteile zur Verfügung.

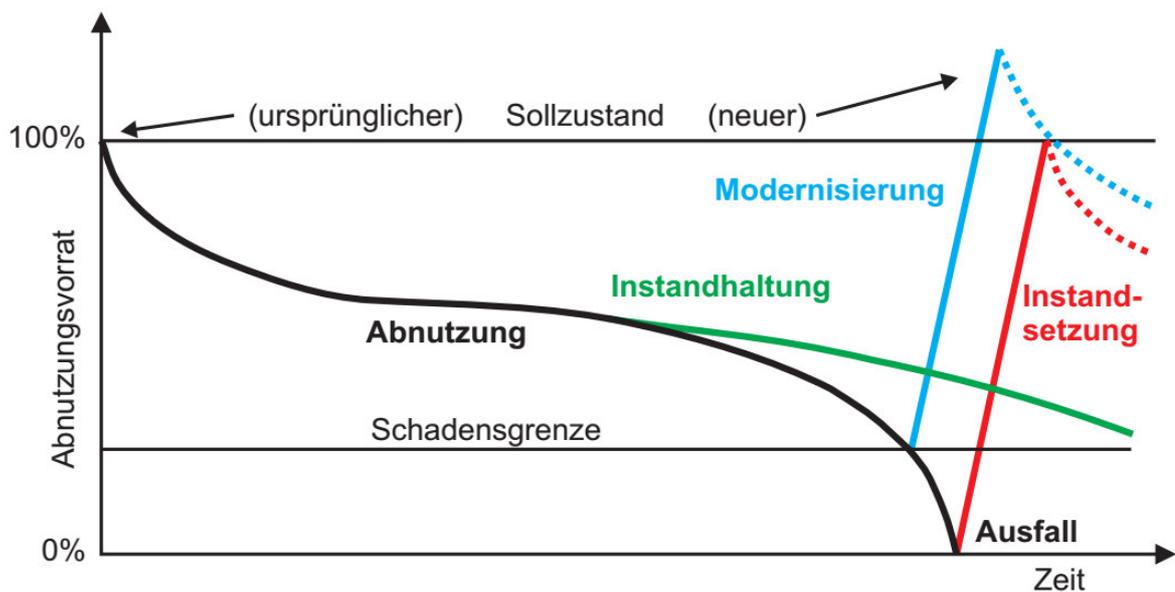


Abbildung 8: Modell des Abnutzungsvorrates modifiziert nach Alcalde Rasch<sup>40</sup>

<sup>38</sup> IEMB (2006)

<sup>39</sup> Bahr (2010)

<sup>40</sup> Alcalde (2000); S. 15

### 3.3 Entwicklung des Bauens

In der vorindustriellen Phase war das Bauen geprägt durch lokal verfügbare Materialien, lange Nutzungsdauern und die Wiederverwendung von Baustoffen. Das Bauen im Bestand inklusive umfangreicher An- und Umbauten war möglich und üblich, was man noch heute bei Gebäuden aus dieser Periode sehen kann. Sie sind geprägt von vielfältigen Bauarten und Materialien, da meist nur das ersetzt wurde, was überhaupt nicht mehr zu gebrauchen war.

Mit der Industrialisierung und dem Bevölkerungswachstum in den Städten wurden genormte Bauteile und neue Materialien eingeführt, welche die funktionalen Eigenschaften und die Dauerhaftigkeit von Bauteilen in weiten Teilen erhöhten.<sup>41</sup> Diese Gebäude der Gründerzeit (ca. 1870 bis 1918) und der Phase von 1919 bis 1949 wurden weitgehend in ihrer Struktur belassen und nur geringfügig modernisiert bzw. nach dem Krieg instandgesetzt, sodass diese bei weitem nicht so heterogen sind wie Gebäude vor 1870. Diese drei Baualtersklassen haben die aktuell üblichen Nutzungsdauern von Gebäuden bzw. Bauteilen zum größten Teil erreicht bzw. schon weit übertroffen und machen einen Anteil von rund 26% aller Wohngebäude in Deutschland aus, wobei regional deutliche Unterschiede vorliegen (Bayern ca. 17%, Sachsen und Sachsen-Anhalt ca. 54%)<sup>42</sup>.

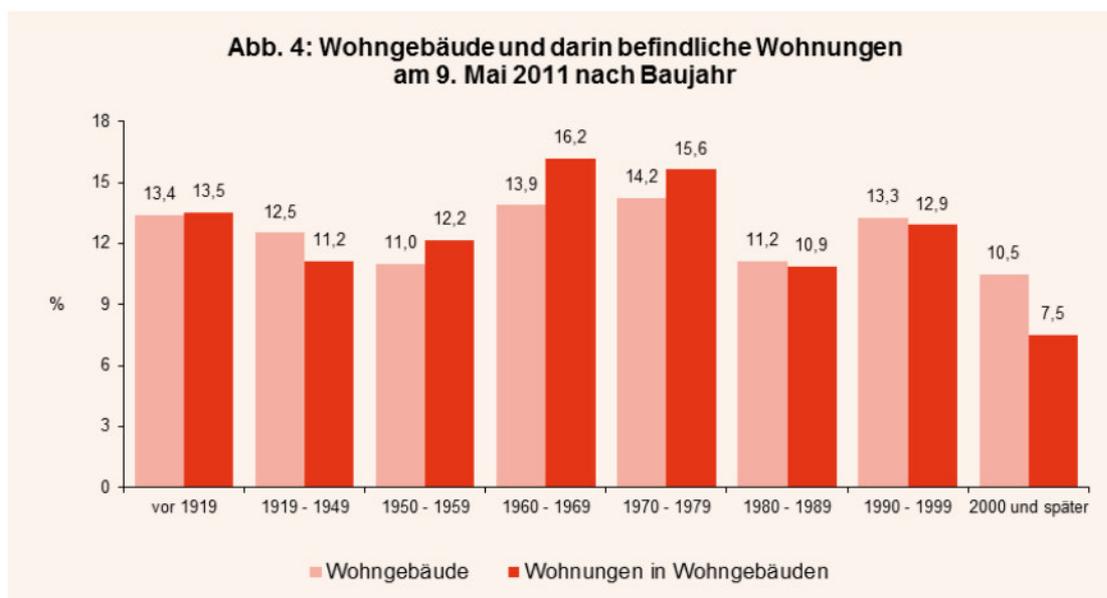


Abbildung 9: Zensus 2011 – Baualtersklassen Wohngebäude Deutschland

<sup>41</sup> sirAdos (bestand)

<sup>42</sup> Zensus (2015); S. 11 f.

Nach dem Krieg folgte eine Phase des schnellen und kostenoptimierten Wiederaufbaus in Form von Instandsetzungen und sozialem Wohnungsneubau, der von Materialknappheit und Minimierung geprägt war. Durch die zunehmende Verwendung von Verbundkonstruktionen bei Neubauten und neuen zum Teil schadstoffhaltigen Baustoffen sind Umbauten und Modernisierungen in diesen Objekten nur mit deutlich höheren Aufwendungen möglich. Ein Vorteil dieser Objekte ist dagegen die hohe Homogenität der Bauteile, die im Rahmen der Planung und Sanierung ein effizientes Arbeiten ermöglichen.

Ebenfalls mit regionalen Unterschieden verlief zwischen 1980 und 2000 der Übergang vom großflächigen industriellen Neubau hin zur Nachverdichtung in Städten und Dörfern, wodurch die Neubauprojekte kleiner und individueller wurden. Zusätzlich rückte die Sanierung der Gebäude vor 1950 und die kontinuierliche Instandhaltung immer mehr in den Vordergrund. Auch ein Trend zu schadstoffärmeren und höherwertigen Bauweisen wurde erkennbar.

Die aktuelle bauwirtschaftliche Situation wurde bereits im Kapitel 3.1 dargestellt. Die Entwicklung geht eindeutig in Richtung von Bestandsoptimierungen und Nachverdichtungen bzw. einzelnen Ersatzneubauten. Die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung strebt für 2020 an, maximal 30 ha pro Tag für neue Siedlungs- und Verkehrsflächen zu verbrauchen, was einer Reduzierung von rund 75% gegenüber dem Jahr 2000 entspricht.<sup>43</sup>

Darüber hinaus sind die prägenden Themen der zukünftigen Entwicklung das nachhaltige Bauen (siehe Kapitel 7) und der demografische Wandel, der einen erheblichen Bedarf an altengerechten Umbauten von Bestandsgebäuden<sup>44</sup> verursacht.

Es gibt eine Reihe von aktuellen Forschungsvorhaben und Initiativen, die sich grundsätzlich mit den Themen Bestandsentwicklung, Nachhaltiges Bauen und Demografischer Wandel beschäftigen<sup>45</sup>. Auf einzelne dieser Projekte wird in den folgenden Kapiteln noch eingegangen. Demgegenüber sind jedoch nur wenige Forschungsprojekte vorhanden, die sich speziell mit der Verbesserung der Planung bei Bestandsprojekten auseinandersetzen.

---

<sup>43</sup> BSBK (2015); Seite 50 f.

<sup>44</sup> vgl. DIFU (2012)

<sup>45</sup> vgl. BMUB (zukunfft)

### 3.4 Informationstechnische Unterstützung

Ein besonders vielversprechender Ansatz bei der Verbesserung der Planungsabläufe ist die Nutzung der Informationstechnologie. Schon heute ist der Einsatz von rechnerbasierten Systemen aus dem Arbeitsalltag der Planer nicht mehr wegzudenken, wobei diese bei Bestandsprojekten hauptsächlich als Arbeitswerkzeuge eingesetzt werden.

Nahezu jeder Plan, jedes Bild, jedes Schreiben und jede Berechnung wird in einzelnen, jeweils dafür vorgesehenen Programmen erstellt bzw. verwaltet. Die Verarbeitung und die inhaltliche Verknüpfung der so abgelegten Informationen sowie der Austausch zwischen den verschiedenen Programmen erfolgt jedoch in der Regel durch den Planer.

Deutliche Vereinfachungen und Präzisierungen sind insbesondere im Bereich der Bauaufnahme (siehe Kapitel 6) erfolgt, wobei hauptsächlich die Erfassung der geometrischen Informationen im Vordergrund steht. Auch die Erstellung, Anpassung und Verteilung von Plänen hat sich deutlich vereinfacht. Darüber hinaus stehen für Kostenermittlungen und Ausschreibungen Datenbanksysteme mit Vergleichswerten abgeschlossener Projekte und vordefinierte Bauleistungen mit üblichen Einheitspreisen zur Verfügung. In der Praxis haben sich diese Hilfsmittel in den letzten 15 Jahren zunehmend durchgesetzt.

Bei der Neubauplanung wurde das dreidimensionale Planen mit vordefinierten Bauteilen immer weiter entwickelt und mit einheitlichen Standards (siehe Kapitel 6.4) versehen. Hierdurch ist erstmalig eine Übertragung von echten Bauteil-Informationen zwischen verschiedenen Systemen möglich. Neben der Übernahme des jeweils aktuellen Gebäudemodells in Programme für Statik, TGA-Planung und diverse Simulationen erfolgt auch eine Auswertung der Bauteile für Kostenermittlungen und Ausschreibungen (siehe Kapitel 4.5).

Die Grundlage hierfür ist jedoch immer die Verwendung definierter Bauteile mit den dazugehörigen semantischen Informationen wie Materialangaben, Kostengruppen und funktionalen Daten. Bei konsequenter Nutzung dieser Systeme lassen sich viele manuelle und wiederholte Arbeiten vermeiden und auch die Detaillierung der Bauteile im weiteren Planungsprozess wird erheblich vereinfacht. Zusätzlich lassen sich durch die dreidimensionale Planung

konstruktive Probleme oder Kollisionen vermeiden, da das gesamte Modell in einer Datei vorhanden ist und abgeglichen werden kann.

Die Verwendung eines Gebäudemodells für Planung und Zertifizierung von Nachhaltigkeitsaspekten ist ebenfalls sinnvoll und bereits in Teilen möglich. Bei dem hierbei aktuell führenden System LEGEP wird jedoch noch kein Datenimport für standardisierte Modelle angeboten, obwohl dieser bereits seit einiger Zeit entwickelt wird<sup>46</sup>.

Im Bereich von Bestandsprojekten lassen sich all diese Systeme bislang nicht adäquat einsetzen, da zum einen die Bestandsbauteile nicht den vordefinierten heute üblichen Bauteilen entsprechen und zum anderen in diesen Systemen die Aufnahme und Darstellung des Ist- und des Soll-Zustandes nicht möglich ist. Inwieweit sich diese Systeme aufgrund von Erfahrungen bei Neubauvorhaben trotzdem in der Praxis von Bestandsprojekten etablieren, wird sich zeigen. Es ist jedoch zu befürchten, dass aufgrund der fehlenden Berücksichtigung bestandsspezifischer Informationen der Einsatz auf ein weiteres Arbeitswerkzeug beschränkt bleibt und die Informationsverarbeitung auch weiterhin vom Planer zu leisten ist.

---

<sup>46</sup> Schneider (2011); S. 70

## 4 Kostenplanung

### 4.1 Arten der Kostenermittlung

Laut DIN 276 in der aktuellen Fassung von 2008 ist das Ziel der Kostenplanung „ein Bauprojekt wirtschaftlich und kostentransparent sowie kostensicher zu realisieren“<sup>47</sup>. Damit sind alle drei grundlegenden Anforderungen eines Auftraggebers an die ihm übergebenen Kostenermittlungen definiert:

- die zugrunde liegenden Planungen sollen sich als wirtschaftlich zeigen
- die Kosten sollen nachvollziehbar ermittelt und aufgestellt sein
- die ermittelten Kosten sollen (im Rahmen des Möglichen) sicher sein

Hierzu definiert die DIN mehrere Stufen der Kostenermittlung, die im Rahmen der Planung zu erbringen und in weiten Teilen mit den Grundleistungen der HOAI<sup>48</sup> vom Planer geschuldet sind. Die 5 Stufen der Kostenermittlung sind:

#### 1. Kostenrahmen

Dieser dient der Ermittlung eines Budgets oder zur Festlegung einer Kostenvorgabe für die Planung und ist im Rahmen der Bedarfsplanung zu erstellen. Der Kostenrahmen basiert auf den bereits verfügbaren Informationen zu vorgesehenen Nutzungseinheiten und qualitativen Anforderungen sowie ggf. projektspezifischen Angaben wie dem Standort.

Diese Informationen haben vor Beginn der Planung einen vagen Charakter und können lediglich auf Grundlage von Vergleichsprojekten überhaupt in eine nachvollziehbare Kostenermittlung überführt werden. Die Festlegung einer Kostenvorgabe für den Planer ist auf dieser Basis auch nur als Orientierung für mögliche Entscheidungen zu werten.

Obwohl der Kostenrahmen bereits mit der DIN 276 Stand 2006 eingeführt wurde, ist diese Leistung auch in der HOAI 2013 an keiner Stelle direkt erwähnt und wäre ggf. der Bedarfsplanung als besondere Leistung im Rahmen der Grundlagenermittlung zuzuordnen<sup>49</sup>.

---

<sup>47</sup> DIN 276-1 (2008); Seite 5

<sup>48</sup> vgl. HOAI (2013); Anlage 10

<sup>49</sup> vgl. Neddermann (2007); S. 27

## 2. Kostenschätzung

Zum Abschluss der Leistungsphase 2 – Vorplanung muss der Planer auf Grundlage des aktuellen Planungsstandes die voraussichtlichen Kosten als Entscheidungsvorlage für den Auftraggeber zusammenstellen. Hierzu sind die Mengen der Bezugseinheiten nach DIN 277 (u.a. m<sup>2</sup> BGF, m<sup>2</sup> NF, m<sup>3</sup> BRI) zu ermitteln und anschließend mit Kostenkennwerten vergleichbarer Projekte zu versehen. Darüber hinaus sind Planungsleistungen zu bewerten sowie Informationen zum Baugrundstück und der Erschließung zu berücksichtigen.

Die geforderte Detaillierung der Kostenschätzung (Kostengliederung mind. bis zu der 1. Ebene) steht jedoch in keinem sinnvollen Verhältnis zu den bereits vorhandenen Planungsergebnissen und sollte daher wenigstens für die Kostengruppen 300 und 400 bis zur 2. Ebene aufgeschlüsselt werden. Entgegen der Empfehlung von Neddermann<sup>50</sup> sollte dies aus Sicht des Verfassers bei allen Projekten erfolgen und wird von verantwortungsvollen Planern in der Praxis auch als Grundleistung erbracht. Die HOAI 2013 weist nur das „Aufstellen einer vertieften Kostenschätzung nach Positionen einzelner Gewerke“<sup>51</sup> als besondere Leistung aus und verweist bei der Grundleistung auf eine „Kostenschätzung nach DIN 276“<sup>52</sup>.

Demzufolge wäre die Kostenschätzung mit den finanziellen Rahmenbedingungen zu vergleichen, was dem Kostenrahmen oder einer Kostenvorgabe des Auftraggebers entspricht. Darüber hinaus enthält die DIN 276 für alle Kostenermittlungen weitere Forderungen wie die Ausweisung von besonderen Kosten und vorhersehbaren Kostenrisiken nach Art, Umfang und Eintrittswahrscheinlichkeit<sup>53</sup>. Diese Forderung wird jedoch in der Praxis bei Neubau- und Bestandsprojekten viel zu selten umgesetzt.

## 3. Kostenberechnung

Die nächste Kostenermittlung erfolgt zum Abschluss der Leistungsphase 3 – Entwurfsplanung und ist in der Systematik vergleichbar mit der Kostenschätzung.

---

<sup>50</sup> Neddermann (2007); S. 28 f.

<sup>51</sup> HOAI (2013); Anlage 10 LPH 2 Besondere Leistungen

<sup>52</sup> ebenda; Anlage 10 LPH 2 Grundleistungen

<sup>53</sup> DIN 276-1 (2008); Seite 7

Die Anforderung für die Kostenberechnung ist nach DIN 276 eine Kostengliederung bis mindestens zur 2. Ebene<sup>54</sup> (z.B. m<sup>2</sup> Außenwände, Decken, Dach, etc.). Demzufolge wären hier noch keine Ermittlungen zu einzelnen Bauteilen (Türen, Fenster, Treppen, etc.) oder Bauteilschichten (Tragwerk, Bodenbeläge, Wandbekleidungen, etc.) erforderlich, was im Vergleich zum Planungsstand nicht nachvollziehbar ist.

Die notwendige Kostensicherheit zur Entscheidung über die Erstellung und Einreichung eines Bauantrages macht eine Kostenberechnung mit Gliederung bis in die 3. Ebene zumindest für die KG 300 zwingend erforderlich. In der HOAI wird das „Aufstellen und Fortschreiben einer vertieften Kostenberechnung“ als besondere Leistung angeführt<sup>55</sup>, wobei dies in Relation zur „vertieften Kostenschätzung“ eine Positionsaufstellung nach Gewerken beinhalten sollte.

Die Kostenberechnung muss im Anschluss mit der Kostenschätzung verglichen werden, wozu selbstverständlich auch die Aufklärung von Abweichungen gehören sollte. Diese beiden Ermittlungsmethoden sind die maßgeblichen für das Projekt, da nur diese einen ausreichenden Informationsstand für Entscheidungen und gleichzeitig eine relativ große Kostenbeeinflussbarkeit bieten (siehe auch Kapitel 2.3). Die Möglichkeiten der Steuerung lassen mit den weiteren Planungsphasen und Ermittlungsarten deutlich nach.

#### 4. Kostenanschlag

In der HOAI 2013 taucht der Begriff „Kostenanschlag“ zumindest in der Objektplanung nicht mehr auf. Dort wird stattdessen in der Leistungsphase 6 – Vorbereitung der Vergabe das „Ermitteln der Kosten auf der Grundlage vom Planer bepreister Leistungsverzeichnisse“ und die „Kostenkontrolle durch Vergleich der vom Planer bepreisten Leistungsverzeichnisse mit der Kostenberechnung“<sup>56</sup> gefordert, was über die Forderungen der DIN 276<sup>57</sup> deutlich hinaus geht.

Die Ansätze der HOAI entsprechen der gängigen Praxis und sind an die Neufassung der DIN 276 angelehnt worden, in welcher der Kostenanschlag den

---

<sup>54</sup> DIN 276-1 (2008); Seite 8

<sup>55</sup> HOAI (2013); Anlage 10 LPH 3 Besondere Leistungen

<sup>56</sup> ebenda; Anlage 10 LPH 6 Grundleistungen

<sup>57</sup> DIN 276-1 (2008); Seite 8

Leistungsphasen 5 und 6 zugeordnet wurde. Die Funktion des Kostenanschlags ist es, vor dem Einholen der Angebote die Kosten detailliert und gewerkeweise zu ermitteln. Auf dieser Basis soll der AG letztmalig vor der Ausschreibung und Vergabe die Chance erhalten, die Leistung und damit entstehende Kosten zu steuern.

Da die Leistungsverzeichnisse in der Regel nacheinander erstellt und verschickt werden, kann ein Vergleich des Kostenanschlags mit der Kostenberechnung vor der Ausschreibung nur gewerkeweise bzw. losweise erfolgen. Hierzu ist eine Gliederung der Kostenberechnung nicht nur nach Kostengruppen sondern zusätzlich auch nach Gewerken erforderlich. In der Praxis übernehmen dies AVA-Programme, die bereits bei der Erstellung der Kostenberechnung die einzelnen Bauteilschichten oder Positionen jeweils einer Kostengruppe und einem Gewerk zuordnen. An die Detaillierung der Kostenberechnung ergeben sich allein daraus bereits deutlich höhere Anforderungen als in der DIN 276 beschrieben.

Im Rahmen der Vergabe dient der Kostenanschlag als Bezugsgröße für die Auswertung der Angebote. Abweichungen können in diesem Fall nur noch in der Höhe der Einheitspreise liegen, da Planer und Bieter die gleichen Leistungsverzeichnisse bepreisen. Ergänzend zur Bewertung der einzelnen Leistungen sind vom Planer auch hier mögliche Kostenrisiken auszuweisen und zu bewerten.

## 5. Kostenfeststellung

Zum Abschluss der Leistungsphase 8 – Objektüberwachung und Dokumentation erfolgt durch den Planer die Kostenfeststellung, die laut HOAI „zum Beispiel nach DIN 276“<sup>58</sup> erstellt werden soll. In der DIN wird eine Kostengliederung bis zur 3. Ebene gefordert<sup>59</sup>, was bedeutet, dass die gewerkeweisen Kosten im Nachgang wieder den Kostengruppen zugeordnet werden müssen. In einem durchgängig gepflegten AVA-Programm ist dies technisch möglich, ansonsten jedoch nur mit erheblichen manuellen Aufwendungen oder über eine pauschale Zuordnung realisierbar.

---

<sup>58</sup> HOAI (2013); Anlage 10 LPH 8 Grundleistungen

<sup>59</sup> DIN 276-1 (2008); Seite 9

Alternativ ist auch eine Kostenfeststellung nach Gewerken möglich, da diese zumindest im Bezug zum Kostenanschlag ggf. auch zur umgestellten Kostenberechnung vergleichbar ist und eine Kontrolle des einzelnen Projektes durch den Auftraggeber ermöglicht. Die Rückführung auf die Kostengruppen der DIN ergibt darüber hinaus Vergleichswerte für die frühen Kostenermittlungen der nächsten Projekte und hilft insofern eher dem Planer weiter.

Bei jeder einzelnen Kostenermittlung ist vom Kostenstand zum Zeitpunkt der Erstellung auszugehen, was dazu führt, dass die einzelnen Ermittlungen nicht direkt miteinander vergleichbar sind und Abweichungen sich allein aus der Entwicklung der Baupreise ergeben können. Da die Baupreisentwicklung eines der vorhersehbaren Kostenrisiken darstellt, müsste bei jeder Kostenermittlung eine Prognose auf den Zeitpunkt der Fertigstellung bzw. auf den Zeitpunkt der durchschnittlichen Auftragsvergaben erfolgen. Dieses Risiko wäre am Ende der Ermittlungen einzeln auszuweisen. In der Praxis wird jedoch auch dies von den Planern häufig unterlassen.

Abweichend von den Standardanforderungen zur Gliederung der Kosten nach Kostengruppen erlaubt die DIN 276 insbesondere für Modernisierungen von Projektanfang an eine Gliederung nach ausführungs- oder gewerkeorientierten Strukturen<sup>60</sup>. In diesen sind einzelne Teilleistungen ähnlich wie auszuführende Positionen aufzunehmen, was einer Gliederung zumindest im Niveau der 3. Ebene der Kostengruppen entsprechen sollte.

Das Problem bei dieser Ausführungsorientierung ist jedoch, dass gerade in frühen Planungsphasen der Informationsstand selten ausreichend ist, um alle einzelnen Leistungen zu erfassen. Insbesondere bei der Kostenschätzung wäre diese Vorgehensweise mit erheblichen Risiken verbunden, da bei jeder Kostenermittlung die Vollständigkeit der Bewertung unter Berücksichtigung möglicher Abweichungen essentiell für die Ergebnisse ist.

---

<sup>60</sup> DIN 276-1 (2008); Seite 10

## 4.2 Kosten beeinflussende Faktoren

Die in der Kostenfeststellung ermittelten realen Kosten eines Bauprojektes lassen sich vorab nur selten genau vorhersagen. Dies liegt an vielen sich gegenseitig überlagernden Einflüssen, die sich aus dem Projekt oder der jeweiligen Lage ergeben. Die Aufgabe des Planers ist, auf Grundlage der aktuellen Planung diese Einflüsse auf Basis von eigenen oder veröffentlichten Erfahrungswerten von anderen Projekten bzw. durch Beobachtung der bauwirtschaftlichen Entwicklung und der Situation vor Ort zu bewerten.

Auf einen Teil dieser Faktoren hat der Planer mit seinen Festlegungen einen direkten Einfluss, wodurch bei kostenbewusster Planung eine Möglichkeit zur Steuerung entsteht. Diese Faktoren betreffen somit das zu erreichende Soll der Planung bzw. Ausführung und müssen mit ihrer gegenseitigen Beeinflussung als magisches Dreieck des Projektmanagements (Qualität, Termine und Kosten) <sup>61</sup> jedem Planer im Kopf sein.

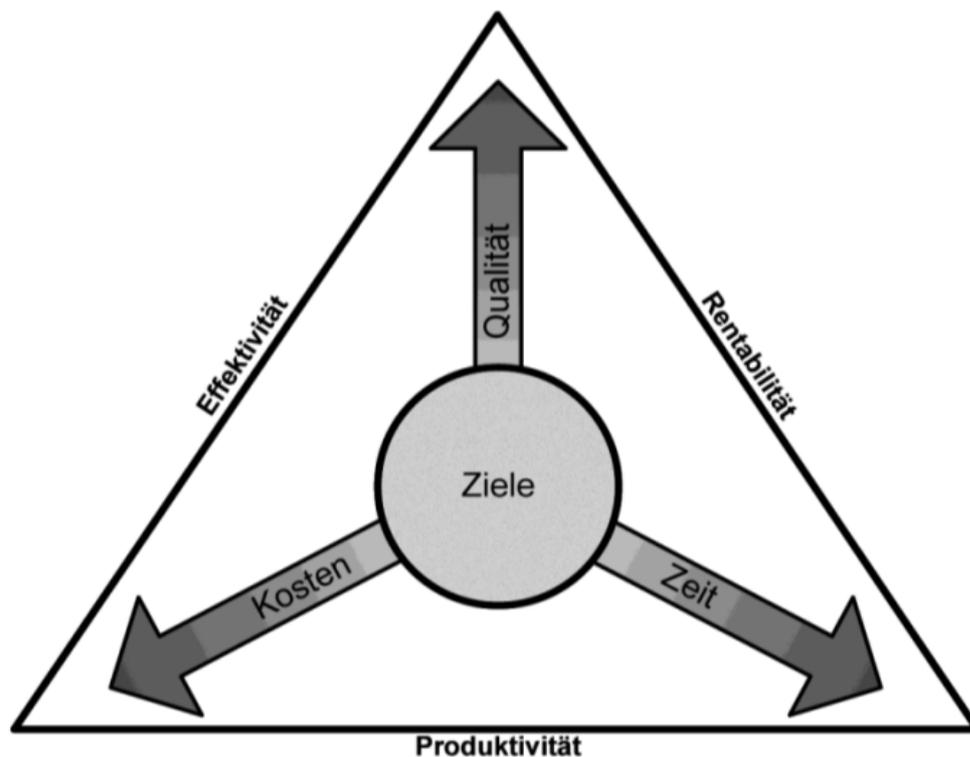


Abbildung 10: Magisches Dreieck des Projektmanagements

<sup>61</sup> Buchenau (2011); S. 10

Die Qualität des fertigen Gebäudes bestimmt sich unter anderem durch:

- die Anzahl nutzbarer Einheiten bzw. deren Fläche
- die Gestaltungsabsichten
- die Qualität und Dauerhaftigkeit der Materialien
- die Lage des Grundstücks bzw. die Lage des Gebäudes im Grundstück (soweit noch beeinflussbar)
- zusätzliche Wünsche aus den Bereichen Wirtschaftlichkeit, Ökologie, Nutzungsfreundlichkeit, etc.

Bei den Terminen haben der Planer und der Auftraggeber sowohl einen Einfluss auf die angestrebte Bauzeit (Dauer), den Zeitpunkt der Ausführung und den Zeitpunkt der Ausschreibung von Leistungen. Die letzten beiden Punkte stehen zwar im Zusammenhang mit der konjunkturellen Lage der Bauwirtschaft und auch der Witterung, auf die der Planer selbst keinen Einfluss hat, können jedoch durch geschickte Auswahl oder terminliche Zwänge einen erheblichen Einfluss auf die Vertragspreise haben.

Darüber hinaus haben Planer und Auftraggeber durch die Art der Ausschreibung und Vergabe sowie die Qualität der Vergabeunterlagen auch einen direkten Einfluss auf die Kosten. Hierzu gehören insbesondere die Vertragsart (Pauschal- oder Einheitspreisvertrag), die Bündelung von Leistungen (Generalunternehmer oder gewerkeweise Vergabe) und auch mögliche Eigenleistungen.

Hinzu kommen eine Reihe nicht beeinflussbarer Faktoren aus dem Ist und aus der allgemeinen Situation. Das Ist wird bei allen Projekten bestimmt durch das vorhandene Grundstück und darauf bzw. in der Erde befindlichen Einflüssen (vorhandene Objekte, Altlasten, Geologie, Umgebung, Zufahrtsmöglichkeiten, etc.). Zu der allgemeinen Situation gehören baurechtliche Vorschriften und Auflagen, Normen, regionale und allgemeine konjunkturelle Entwicklungen sowie das meteorologische und gesellschaftliche Klima.

Für den Planer ist ein wichtiger und nur bedingt zu beeinflussender Faktor der Auftraggeber, der aufgrund von fehlender Erfahrung, Missverständnissen und geänderten Nutzeranforderungen auch spät im Projekt noch Änderungen fordern kann. Im Gegenzug hat der Auftraggeber nur bedingt Einfluss auf die Verfügbarkeit und Qualität von Planern und Fachplanern, was sich durch Qualität und Vollständigkeit der Planung direkt auf die Kosten auswirken kann.

Diese „festen“ Faktoren können vom Planer auf Grundlage seiner Erfahrungen mehr oder weniger präzise vorherbestimmt werden. Insbesondere zum Ist, zu Auftraggeberwünschen und zu baurechtlichen Einflüssen können im Laufe der Planung Untersuchungen und Abstimmungen durchgeführt werden, die mögliche Abweichungen auf ein Minimum reduzieren. Für die konjunkturelle Bewertung gibt es in Datenbanken und Literatur verschiedene Ansätze wie den vierteljährlichen Baupreisindex<sup>62</sup>, vorbestimmte Faktoren für Städte bzw. Landkreise<sup>63</sup> sowie Anpassungsfaktoren für die regionale Konjunktur<sup>64</sup>.

Die vorbenannten beeinflussbaren und festen Faktoren sind bei allen Neubau- und Bestandsprojekten zu beachten. Darüber hinaus gibt es aber gerade beim Bauen im Bestand zusätzliche Faktoren, welche die Projekte noch spezieller machen.

Von höchster Bedeutung ist hier der Zustand des Objektes bzw. einzelner Bauteile, der sich aus der ursprünglichen Herstellungsqualität und den Einflüssen aus Zeit und Beanspruchung ergibt. Die Bewertung des Zustandes ist nur mit einer qualitativen Bauaufnahme (Ermittlung von Ausführungsarten und Mängeln) möglich. Eine pauschale Einschätzung eines Gesamtzustandes des Objektes (gut/mittel/schlecht), wie Sie für einzelne Ermittlungsmethoden vorgeschlagen wird, erfüllt nicht ansatzweise das Ziel und führt zu großen Unsicherheiten<sup>65</sup>.

Viel zu oft wird die Bauaufnahme gerade in frühen Phasen auf die Erfassung der Geometrie reduziert, was Kostenermittlungen und Planungen zwar präziser macht aber nur einen marginalen Einfluss auf die tatsächlichen Baukosten hat, da die tatsächlich zu bearbeitenden Mengen sich nicht ändern. Durch eine präzise Erfassung des Zustandes ist die Beeinflussung der Baukosten deutlich höher, da unnötige Aufwendungen vermieden und erforderliche Aufwendungen rechtzeitig und kostenoptimiert geplant und ausgeschrieben werden können. Die Vermeidung von späten Änderungen, die Mehraufwendungen und Unterbrechungen verursachen können, ist ein zentraler Punkt der Kostensteuerung.

Weitere bestandsspezifische Faktoren sind Auflagen aus der Denkmalpflege oder aus Satzungen zu Sanierungsgebieten, die zwar kaum beeinflussbar aber durch

---

<sup>62</sup> destatis (www)

<sup>63</sup> sirAdos (faktoren)

<sup>64</sup> vgl. u.a. Schmitz (2012); S. 27 f.

<sup>65</sup> vgl. Neddermann (2007); S. 54 ff.

frühzeitige Recherche und Abstimmungen zumindest genau zu definieren und zum Teil abzustimmen sind.

Bei einer Kostenermittlung ist die Berücksichtigung aller Faktoren entscheidend. Gerade in frühen Planungsphasen sind selten alle erforderlichen Informationen vorhanden aber durch eigene oder fremde Erfahrungswerte lassen sich zumindest Annahmen treffen. Zu der in der DIN 276 geforderten Transparenz bzw. Nachvollziehbarkeit einer Kostenermittlung gehört es aus Sicht des Verfassers, dass die Bewertung einzelner oder zusammengefasster Faktoren erkennbar ist. Mögliche Abweichungen wären mit einer Wahrscheinlichkeit ihres Eintritts als Kostenrisiko auszuweisen wobei eine pauschale Zulage für Unvorhergesehenes diese Anforderung nicht erfüllt.

### **4.3 Lebenszykluskosten**

Die Ermittlung der Kosten eines Objektes wird in der Planung entsprechend der HOAI stark auf die einmaligen Herstellkosten inkl. Baunebenkosten reduziert. In Kapitel 2.1 wurde bereits der Lebenszyklus eines Objektes vorgestellt, in dem auf Grundlage der Art der Herstellung zusätzliche Kosten für den Betrieb, die Wartung, die Instandsetzung, die Anpassung, den Austausch und den kompletten Rückbau entstehen. Bei der Vernachlässigung dieser Kostenbetrachtungen oder pauschalierten Annahmen (z.B. über % der Herstellkosten oder m<sup>2</sup> Wohnfläche) erhalten selten die wirtschaftlichsten sondern meist die billigen Varianten Vorrang. Der Wert eines Gebäudes bestimmt sich jedoch nicht durch die Herstellkosten in Verbindung mit der Qualität der Oberflächen sondern über die langfristige Qualität der Nutzung.

Innerhalb der HOAI werden mögliche Betrachtungen zu Lebenszykluskosten zwar erwähnt, im Rahmen der Objektplanung tauchen diese jedoch nur als nicht näher untersetztes Durchführen oder Evaluieren von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bzw. -berechnungen sowie als Erstellen eines Instandhaltungskonzepts in den besonderen Leistungen auf<sup>66</sup>. Darüber hinaus wird zumindest vom Fachplaner für das Leistungsbild Technische Ausrüstung in den Grundleistungen gefordert, dass

---

<sup>66</sup> HOAI (2013); Anlage 10 Besondere Leistungen LPH 1, 2, 3 und 9

für die maßgeblichen Systeme und Anlagenteile Varianten untersucht und auf Wirtschaftlichkeit betrachtet sowie für die finale Lösung jährliche Bedarfswerte und Betriebskosten ermittelt werden<sup>67</sup>.

Durch gestiegene Energiekosten, kurze Lebensdauern von Bauteilen sowie Probleme mit Schadstoffen und Verbundkonstruktionen bei Austausch und Rückbau hat in den letzten 15 Jahren ein Umdenken eingesetzt. Die Berücksichtigung der langfristigen Auswirkungen eines einmalig errichteten Bauteils ist ein grundlegender Bestandteil des nachhaltigen Bauens.

Für die Ermittlung von Lebenszykluskosten gibt es bereits seit 1976 mit letzter Überarbeitung von 2008 die DIN 18960 „Nutzungskosten im Hochbau“. In dieser werden die verschiedenen regelmäßig und unregelmäßig wiederkehrenden Kosten der baulichen Anlagen definiert und eine Systematik zur Ermittlung vorgestellt.<sup>68</sup> Trotz Aktualisierung der HOAI im Jahr 2013 wurden weder die DIN noch der Begriff „Nutzungskosten“ aufgenommen. Die Ermittlung von Lebenszykluskosten wurde nur bei der Planung von Freianlagen und der Technischen Ausrüstung als besondere Leistung erwähnt<sup>69</sup>.

Im Alltag der Planer sind solche Leistungen noch nicht angekommen. Die Ermittlung ist zwar auf Grundlage eines Gebäudemodells und vorhandener Systeme<sup>70</sup> möglich aber noch immer mit einem Aufwand verbunden, der gesondert zu vergüten wäre.

Nur auf speziellen Wunsch eines Auftraggebers z.B. im Rahmen einer Zertifizierung seines Gebäudes werden solche Betrachtungen aufgestellt und bewertet, wobei eine einmalige Ermittlung das Gebäude noch nicht verbessert. Die Anforderungen der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB) gehen demzufolge bei einer Zertifizierung noch deutlich über die reine Ermittlung der Lebenszykluskosten hinaus. Die Bewertung der planerischen Lösung erfolgt hier innerhalb von verschiedenen Kriterien, wo sie je nach gewähltem Nutzungsprofil ca. ein Viertel der Gesamtbewertung ausmachen können. Zum

---

<sup>67</sup> HOAI (2013); Anlage 15 Grundleistungen LPH 2, 3

<sup>68</sup> vgl. DIN 18960 (2008)

<sup>69</sup> HOAI (2013); Anlage 11 und 15 jeweils Besondere Leistungen LPH 3

<sup>70</sup> z.B. LEGEP (www)

Beispiel werden im Nutzungsprofil Neubau Wohngebäude folgende Kriterien bewertet:<sup>71</sup>

- ECO1.1 – Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus
- ECO2.1 – Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit
- TEC1.4 – Anpassungsfähigkeit der technischen Systeme
- TEC1.5 – Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit des Baukörpers
- TEC1.6 – Rückbau und Recyclingfreundlichkeit
- PRO1.3 – Konzeptionierung und Optimierung in der Planung

Der Sinn dieser Bewertungen ist nicht die Optimierung eines Kostenkennwertes sondern einer möglichst optimalen Erfüllung aller Ansätze. Bei Betrachtung der Lebenszykluskosten anhand eines statischen Modells (z.B. über 50 Jahre mit festen Austauschzyklen) würden sonst mögliche Entwicklungen wie geänderte Energiekosten oder geänderte Nutzungsanforderungen und damit verbundene Umbaukosten nicht ausreichend berücksichtigt werden.

Die Ermittlung von Lebenszyklus- oder Nutzungskosten kann daher für den Auftraggeber eine relevante Information zur Entscheidung über die Wirtschaftlichkeit von Baumaßnahmen werden, muss jedoch als Prozess der Optimierung von Varianten verstanden werden.

#### **4.4 Ökobilanzierung**

Eine noch speziellere Form der Kostenplanung bzw. der Kostenermittlungen ist die Betrachtung von Kosten der Umwelt. Diese sind nicht direkt für den Planer und Auftraggeber ersichtlich sondern werden durch die Überlagerung vieler Einflüsse nur in Summe durch Umweltveränderungen ersichtlich. Inwieweit aus diesen ein volkswirtschaftlicher oder sonstiger Schaden und damit wieder echte Kosten entstehen, kann nicht seriös ermittelt werden.

Trotzdem hat der Gesetzgeber dazu eine Reihe von Regelungen erlassen, welche die Auswirkungen von Neubauten und zu sanierenden Bestandsbauten auf die Umwelt reduzieren sollen. Hier sind insbesondere die Energieeinsparverordnung

---

<sup>71</sup> Beispiel DGNB (NWO15)

(EnEV<sup>72</sup>), das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG<sup>73</sup>) und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG<sup>74</sup>) sowie die Verbote zu Herstellung und Einsatz verschiedener Produkte zu nennen, die einen direkten Einfluss auf die Planung haben.

Im Zuge der Bauantragserstellung sind vom Planer Nachweise zur Einhaltung der verschiedenen Gesetze und Verordnungen zu erbringen, die nur bei ausreichender Berücksichtigung in der vorherigen Planung zu erreichen sind. Darüber hinaus sind auch bei Sanierungen ganzer Gebäude oder bestimmter Bauteile zwingend Grenzen einzuhalten, wenn ein Bauantrag nicht erforderlich sein sollte. Der Planer oder ein darauf spezialisierter Fachplaner muss somit im Rahmen einer Planung sich mit diesen Aspekten auseinandersetzen.

Die Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte stellt dabei aber nur die Grundanforderung dar, Anreizsysteme zur Übererfüllung dieser Werte und für weitergehende Maßnahmen werden z.B. im Rahmen von Förderprogrammen der KfW geschaffen, wobei dort die maßgeblichen Kriterien bei der Reduzierung des Primärenergiebedarfs und einer umweltverträglichen Energieerzeugung für die Nutzung liegen.

Die Anforderungen der DGNB im Rahmen einer Zertifizierung gehen deutlich über die gesetzlichen Regelungen hinaus, da dort unter anderem im Rahmen einer Ökobilanzierung auch die Energieaufwendungen für die Herstellung, die Instandsetzung und den Rückbau des Gebäudes und zusätzlich daraus folgende Umweltauswirkungen untersucht werden<sup>75</sup>:

- das Treibhauspotential
- das Ozonschichtabbaupotential
- das Ozonbildungspotential
- das Versauerungspotential
- das Überdüngungspotential
- der Abiotische Ressourcenverbrauch
- der Frischwasserverbrauch

---

<sup>72</sup> EnEV (2014)

<sup>73</sup> EEG (2014)

<sup>74</sup> EEWärmeG (2015)

<sup>75</sup> Beispiel DGNB (NWO15); Kriterien ENV1.1 und ENV2.1

Die Erstellung einer Ökobilanzierung ist im Ansatz vergleichbar mit einer Ermittlung der Lebenszykluskosten und kann mit entsprechender Erfahrung und einem vorhandenen Gebäudemodell z.B. im System LEGEP erfolgen. Solche Auswertungen sind in der Praxis jedoch die Ausnahme und werden meist nur im Rahmen einer Zertifizierung von spezialisierten Büros durchgeführt.

Inwieweit die Einhaltung solcher Kennwerte bzw. eine Zertifizierung im Rahmen von Förderprojekten oder öffentlichen Bauvorhaben verpflichtend wird, muss sich erst noch zeigen. Aktuell ist zumindest für einen Großteil der Bundesbauten geregelt, dass sie bei dem mit der DGNB vergleichbaren Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) einen Gesamterfüllungsgrad von mind. 65% erreichen müssen, was sowohl für Neubauten als auch bei Komplettmodernisierungen gilt<sup>76</sup>.

#### **4.5 Systeme zur Kostenermittlung**

Es gibt aktuell eine Reihe von verfügbaren händischen Methoden und Computerprogrammen zur Ermittlung voraussichtlicher Bau- und Planungskosten, die alle ihre Vor- und Nachteile haben. Sie wurden aufgrund ihrer Entstehungszeit unter verschiedenen technischen Möglichkeiten (Buch vs. Datenbanken), aus unterschiedlichen Ansätzen (einfache Anwendung vs. hohe Komplexität/ Genauigkeit) oder einfach nur für unterschiedliche Anwendungsgruppen (Planer vs. Ausschreibender oder Neubau vs. Altbau) konzipiert. Mit der anschließenden Weiterentwicklung dieser Systeme wurde versucht, den Aufgabenumfang zu erweitern oder mit technischen Neuerungen Schritt zu halten.

Mit wenigen Ausnahmen stellen sie Insellösungen dar, die in ihrem konzipierten Einsatzgebiet gute Ergebnisse erzielen aber selten durchgängig zu nutzen sind. Neddermann hat in seinem Werk „Kostenermittlung im Altbau“ eine umfangreiche Untersuchung der einzelnen (bis 2007) verfügbaren Methoden und Systeme vorgenommen und jeweils Vor- und Nachteile sowie deren Einsatzgebiet bewertet.<sup>77</sup> Diese Bewertung soll hier nicht wiederholt oder diskutiert werden, einzelne Veränderungen oder Ergänzungen haben sich jedoch seitdem ergeben.

---

<sup>76</sup> BMUB (2014); Anlage B1

<sup>77</sup> Neddermann (2007); S. 67-96

So wurde die BKI-Datensammlung weiter ausgebaut, wodurch eine Anwendung für Planer in den frühen Leistungsphasen mit geringer Gliederungstiefe jetzt noch besser möglich ist. In der Detaillierung von Leistungspositionen für präzisere Ermittlungsarten kommt es aber noch immer nicht an andere Systeme heran.

Auch die sirAdos-Datensammlung wurde aktualisiert und ergänzt, Altbauelemente in einer Bauteilgliederung nach DIN 276 gibt es aber noch immer nicht. Stattdessen wurden die sirAdos Baudaten und die Kostenplanung in das System LEGEP (ebenfalls von WEKA) integriert und bieten dort auf Grundlage eines Gebäudemodells eine Kombination aus den Ermittlungen von Baukosten, Energiebedarf, Lebenszykluskosten und Ökobilanzen<sup>78</sup>. Damit sind zwar die relevanten Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsbetrachtungen möglich aber es fehlt noch eine Anbindung standardisierter Gebäudemodelle und eine Erweiterung des Funktionsumfangs hinsichtlich der Anforderungen von Bestandsprojekten, um dieses System auch beim Planen im Bestand sinnvoll einsetzen zu können.

Aus dem Bereich der Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA) wurde das ARRIBA-Programm grundlegend erweitert. Es bietet als RIB iTWO nach Zusammenarbeit mit Autodesk und Nemetschek jetzt einen zertifizierten Datenimport<sup>79</sup> für Gebäudemodelle (siehe Kapitel 6.4). Auf Grundlage dieses Modells kann anschließend eine Mengenermittlung und eine Kostenplanung durch die Integration von Kostenkennwerten und Baupreisen u.a. der Anbieter BKI, Heinze, Beuth-Verlag (STLB-Bau), DBD Dr. Schiller & Partner (Dynamische BauDaten) sowie sirAdos<sup>80</sup> durchgeführt werden. Inwieweit dies für eine Bestandsspezifische Planung reicht, wird nachfolgend noch erläutert.

Durch die Zusammenfassung vieler einzelner Bauleistungen zu Elementen mit der anschließenden Möglichkeit zur Gliederung nach Gewerken und Kostengruppen ist im Neubaubereich eine durchgängige Kostenplanung machbar. Die Zuordnung der richtigen Kennwerte und Teilleistungen zu den entsprechenden Bauteilen und Mengen erscheint einfacher, präziser und transparenter als bei den klassischen Methoden, ist jedoch noch immer mit einem händischen Aufwand des Planers verbunden.

---

<sup>78</sup> LEGEP (www)

<sup>79</sup> buildingSMART (cert)

<sup>80</sup> RIB (www)

Die Forderung der DIN 276 nach einer Risikobewertung in den Kostenermittlungen wird in keinem der gängigen Systeme erfüllt. Auch Variantenuntersuchungen zur Optimierung von Lebenszykluskosten oder Ökobilanzen sind nur durch wiederholtes Ausführen von Ermittlungen nach händischer Anpassung möglich. Insofern scheint die Entwicklung der Systeme auf einem richtigen Weg aber noch lange nicht am Ziel zu sein.

#### **4.6 Kostenabweichungen**

Bei den verschiedenen Kostenermittlungsarten gibt es eine Reihe von Unsicherheiten, die sich aufgrund projektspezifischer Eigenschaften selten ausschließen lassen. Hierzu gehören zum einen die in Kapitel 4.2 angeführten Kosten beeinflussenden Faktoren, die tatsächlichen Einfluss auf die Baukosten haben und vorab nicht immer genau zu ermitteln sind. Zum anderen können aber auch falsche Annahmen, veraltete oder falsche Kennwerte und Ungenauigkeiten bei den Ermittlungen dazu führen, dass die prognostizierten Kosten von den tatsächlich zu erwartenden Kosten abweichen.

In der Literatur zur Baukostenermittlung<sup>81</sup> gibt es unterschiedliche Ansätze, diese Abweichungen bzw. Unsicherheiten und deren Ursachen<sup>82</sup> zu bewerten. In der Praxis und Rechtsprechung haben sich in der Vergangenheit übliche und rechtlich tolerierbare Abweichungen<sup>83</sup> für die verschiedenen Arten von Kostenermittlungen ergeben, die sich in den Köpfen der Planer festgesetzt haben. Hierbei werden die Ermittlungsmethoden und mögliche Genauigkeiten aber außer Acht gelassen und lediglich festgelegt, inwieweit der Auftraggeber einen Anspruch auf Schadenersatz gegenüber seinem Planer durchsetzen kann.

Neddermann führt darüber hinaus eine beispielhafte Nachberechnung von Baukosten abgeschlossener Projekte über verschiedene Ermittlungsmethoden an und gibt durchschnittliche und maximale Abweichungen an. Dabei werden jedoch nur Ergebnisse vorgestellt, ohne auf Details der Ermittlungen einzugehen. So

---

<sup>81</sup> u.a. Schulte (2013); S. 287 f.  
Neddermann (2006); S. 54 ff.

<sup>82</sup> vgl. Seul (2011); S. 236 ff.

<sup>83</sup> Schulte (2013); S. 287 f.

kommt Neddermann zum Beispiel bei Kostenermittlungen über die 3. Ebene der Kostengruppen zu deutlich höheren Abweichungen als bei der Ermittlung nach Bruttorauminhalt oder Nutzflächen.<sup>84</sup> Diese Ergebnisse sind zum Teil als praxisfremd einzustufen, da sie eine höhere Genauigkeit des Kostenrahmens als bei einer Kostenberechnung mit erhöhten Anforderungen suggerieren.

Bei der Diskussion der rechtlich tolerierbaren Abweichungen muss erwähnt werden, dass hier nur Fälle diskutiert wurden, in denen der Auftraggeber mit den tatsächlich eingetretenen Abweichungen so unzufrieden war, dass er überhaupt geklagt hat. Inwieweit bei den einzelnen Rechtsprechungen ein Mitverschulden des Auftraggebers durch Änderungen oder andere für den Planer nicht beeinflussbare Kostenfaktoren eine Rolle spielten, wird bei der Diskussion vernachlässigt. Im Gegenzug wird auch bei guten Ergebnissen oft vernachlässigt, inwieweit eine Kostensteuerung durch Reduzierung von Mengen und Qualitäten zur Einhaltung von Kostenermittlungssummen beigetragen hat. Um die Diskussion über mögliche Prozentwerte von Abweichungen nicht fortzuführen, werden hier keine Werte benannt. Ziel muss für alle Beteiligten eine Reduzierung auf das technisch mögliche bzw. mit vertretbarem Aufwand erreichbare Maß sein.

Durch die Forderungen der DIN 276 nach Sicherheit und Transparenz kommt dem Planer die Aufgabe zu, dass seine Ermittlungen nachvollziehbar sind und Kostenabweichungen auch im Nachgang aufgeklärt werden können. Mögliche Unsicherheiten in den Ermittlungen könnten so von wirklichen unvorhersehbaren Änderungen bei nicht beeinflussbaren Faktoren getrennt bewertet werden.

Hierzu muss jedoch auch der aktuelle Kenntnisstand des Planers, der die Grundlage der Ermittlung ist, nachvollziehbar dokumentiert sein. Bei Bestandsprojekten könnten zum Beispiel die Unsicherheiten von Mengen auf Grundlage der beauftragten und durchgeführten maßlichen Bauaufnahme bestimmt werden<sup>85</sup>. Unter Einsatz aktueller Systeme (siehe Kapitel 6.3) sind Fehlertoleranzen marginal geworden, sodass darüber hinausgehende Mengenabweichungen auf fehlerhafte Berechnungsmethoden oder Unvollständigkeiten hindeuten können.

---

<sup>84</sup> Neddermann (2007); S. 43 f.

<sup>85</sup> ebenda; S. 51 f.

Insofern bleibt die größte zusätzliche Fehlerquelle bei Bestandsprojekten die qualitative Bauaufnahme und die Bewertung der dabei erhaltenen Informationen durch den Planer. Bislang beruhen alle Systeme zur Kostenermittlung an diesem zentralen Punkt auf Annahmen, dass ein Kennwert aus einem anderen Projekt ggf. unter Anpassungen bei dem aktuellen Vorhaben wieder eintritt oder eine bestimmte Menge von bestimmten Leistungen erforderlich wird. Diese Annahmen sind aber nicht mit dem vorhandenen Kenntnisstand zum Bauteil hinterlegt, sodass die Transparenz dieser Annahme aus Sicht des Verfassers nicht gewährleistet sein kann.

Darüber hinaus ist auch eine Information hinsichtlich der Beeinflussbarkeit von Kosten sinnvoll. Insbesondere wenn für eine vorläufige Ermittlung Annahmen zu offenen Entscheidungen getroffen werden müssen, ist die Kenntnis zur möglichen Einflussnahme (z.B. durch Anpassung von Qualitäten) für die Kostensteuerung hilfreich.

Letztendlich sind Abweichungen von Kostenermittlungen und anderen Prognosen eine nicht zu verhindernde Eigenschaft von Projekten. Im Gegensatz zur Angabe von theoretisch möglichen Abweichungen, die einen Auftraggeber nur verunsichern, ergeben Scheingenauigkeiten auf Grundlage von ungesicherten Annahmen viel größere Probleme, da die Abweichungen erst später sichtbar und nicht erwartet werden. Ziel der jeweiligen Kostenermittlungen ist eine Entscheidung über die Fortführung des Projektes bis zur nächsten detaillierteren Ermittlung.

Davon ausgehend, dass jede Ermittlung nur eine Bandbreite für die tatsächlich eintretenden Kosten auf Grundlage der aktuellen Planungsabsichten darstellen kann, müsste sich bei der nächsten Ermittlung und gleich bleibenden Absichten eine schmalere Bandbreite innerhalb der vorhergehenden ergeben.

Die übliche Darstellung zu Kostenunsicherheiten (siehe Abbildung 11), die vom Bezugspunkt der Kostenfeststellung als Mittelwert der möglichen Bandbreiten ausgeht<sup>86</sup>, ist somit aus der falschen Richtung gedacht. Bei der üblichen Angabe von reinen Kostenermittlungssummen und einer gedachten oder benannten Bandbreite ergäbe sich für die Grafik eine abweichende Darstellung, in der die Bandbreiten innerhalb des üblichen oder des rechtlich tolerierbaren Rahmens verspringen. Erst wenn am Ende des Bauvorhabens, ohne relevante

---

<sup>86</sup> vgl. Neddermann (2007); S. 38

unvorhersehbare Ereignisse, die tatsächlich eingetretenen Kosten außerhalb eines Rahmens liegen, wäre der Planer Rechenschaft schuldig.

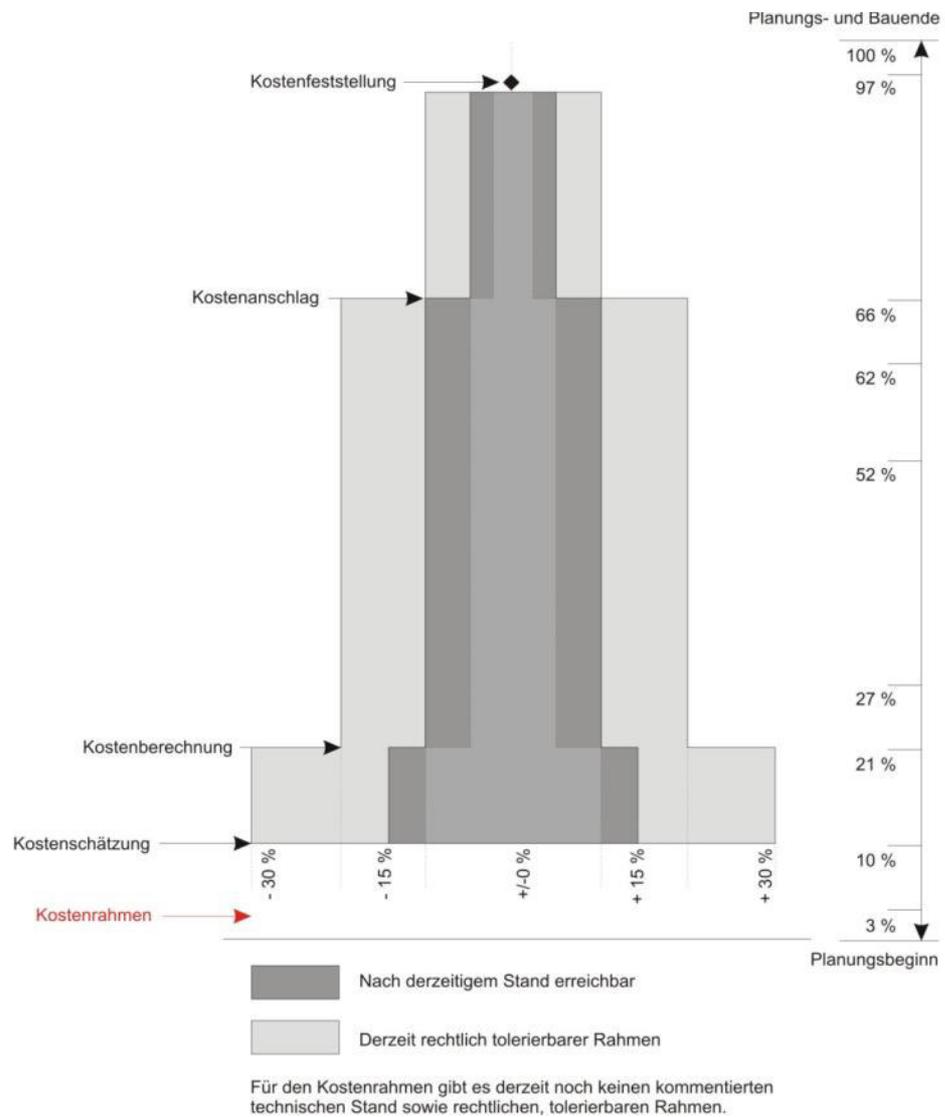


Abbildung 11: Sicherheit von Kostenermittlungen gem. Neddermann<sup>87</sup>

<sup>87</sup> Neddermann (2007); S. 38

## 5 Risikomanagement bei Bauprojekten

### 5.1 Risiko und Chance

Nachdem der gezielte Umgang mit Risiken hauptsächlich im Bereich der reinen Wirtschaftswissenschaften erforscht und entwickelt wurde, hat er sich in den letzten Jahren mehr und mehr in der Bauwirtschaft etabliert. Die Herangehensweise entspricht in der Praxis zwar selten den Anforderungen eines echten Risikomanagements, Entscheidungen werden jedoch immer bewusster unter Berücksichtigung möglicher negativer Auswirkungen getroffen.

Der Begriff „Risiko“ wird je nach Fachgebiet unterschiedlich definiert und beschreibt im Allgemeinen ein Wagnis oder eine Gefahr, dass ein mögliches künftiges Ereignis zu unerwünschten Folgen führen kann. Das Risiko besteht damit immer nur abstrakt und bis zu dem Zeitpunkt, wo das Ereignis eingetreten ist oder ausgeschlossen werden kann.

Der Wortursprung ist nicht eindeutig geklärt, jedoch wurde der Begriff „risico“ aus dem italienischen schon im 15. bzw. 16. Jahrhundert in unseren kaufmännischen Sprachgebrauch übernommen.<sup>88</sup> Die Herangehensweise an ein einzelnes Risiko hat sich dabei im Laufe der Zeit kaum geändert. Sie wird bestimmt durch:

- die Ignoranz oder Toleranz der möglichen Folgen,
- die Absicherung und Reduktion der möglichen Folgen,
- die Reduktion der Wahrscheinlichkeit des künftigen Ereignisses oder
- die Vermeidung des kompletten Risikos

Aus diesen grundlegenden Ansätzen und immer komplexeren Betrachtungen von mehreren sich überlagernden Risiken hat sich das Risikomanagement entwickelt. Dabei sind der erste und letzte Ansatz zwar für einzelne Risiken noch immer im Bereich des Möglichen, würden jedoch undifferenziert eingesetzt auf Dauer unternehmerische Handlungen unmöglich machen.

Unter Risikomanagement werden gezielte Maßnahmen zur Ermittlung, Bewertung und Behandlung von Risiken verstanden. Die hierfür eingeführte harmonisierte ISO-Norm 31000<sup>89</sup> wurde zwar nicht final in eine deutsche Norm überführt, es haben sich aber trotzdem allgemeingültige Begriffe und Abläufe im

---

<sup>88</sup> Gleißner (2014); S. 5 f.

<sup>89</sup> ISO 31000 (2009)

Risikomanagement durchgesetzt, die nachfolgend kurz wiedergegeben werden sollen:

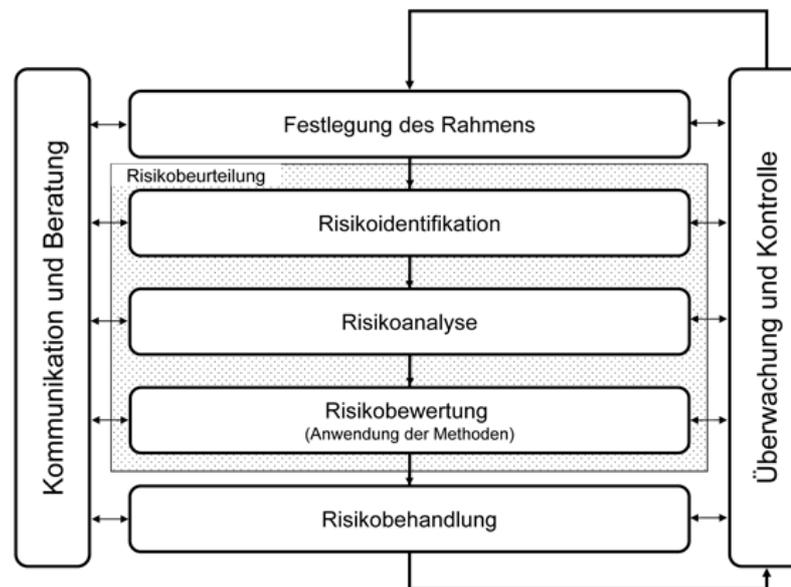


Abbildung 12: Risikomanagement-Prozess nach ISO 31000<sup>90</sup>

Zu Beginn des Risikomanagements steht die strategische Ausrichtung im Unternehmen oder Projekt, wie und in welchem Umfang mit Risiken umzugehen ist. Dieser Rahmen hängt grundlegend vom Risikobewusstsein und der Risikoakzeptanz des Auftraggebers ab und ist eine Führungsaufgabe.

Die Risikobeurteilung setzt sich zusammen aus der Identifikation einzelner Risiken, deren Analyse und Bewertung. Diese Bestandteile wurden aus der ISO 31010 in die DIN EN 31010<sup>91</sup> übernommen und geben einen großen Überblick über die grundlegende Theorie und verschiedene Verfahren zur Risikobeurteilung.

Im Anschluss an die jeweilige Beurteilung eines Risikos erfolgt die Risikobehandlung, die entsprechend den vorbenannten Ansätzen mehr oder weniger umfangreich sein kann.

Der Prozess sollte nicht als einmalige Aufgabe gesehen werden sondern kontinuierlich ablaufen, da sich mit jeder neuen Erkenntnis auch neue Risiken oder abweichende Beurteilungen ergeben können. Eine dauerhafte oder

<sup>90</sup> ISO 31000 (2009); S. 13

<sup>91</sup> DIN EN 31010 (2010)

regelmäßige Kontrolle durch übergeordnete Instanzen (z.B. bei Bauprojekten durch den Auftraggeber) sowie eine umfassende Kommunikation zu den Risiken sollen die Qualität des Prozesses erhöhen.

In der Praxis ergeben sich bei der Beurteilung verschiedene Arten von Risiken, die zum einen durch Ausprägung der Eintrittswahrscheinlichkeit (unwahrscheinlich bis hohe Wahrscheinlichkeit) und des Schadensausmaßes (Bagatell- bis Katastrophenrisiko)<sup>92</sup>, zum anderen aber auch im Rahmen der Risikoaggregation durch das Verklumpen von Einzelrisiken aufgrund gegenseitiger Einflussnahme gekennzeichnet sind<sup>93</sup>.

Von grundlegender Bedeutung bei der Behandlung von Risiken sind die Risikotragfähigkeit und die Risikobereitschaft des Verantwortlichen, die immer in einem gesunden Verhältnis stehen sollten (Tragfähigkeit > Bereitschaft). Die Tragfähigkeit wird dabei bestimmt durch finanzielle Reserven, Ertragskraft und ggf. vorhandene Absicherungen sowie darüber hinaus die intellektuelle Befähigung des Entscheiders. Die Bereitschaft ein Risiko einzugehen, wird häufig unterschieden nach dem risikoscheuen (risikoaversen), dem risikoneutralen und dem risikofreudigen (risikoaffinen) Entscheider<sup>94</sup>.

Als Motivation für die Annahme von Risiken stehen im Gegenzug immer die Chancen, dass das Ereignis gar nicht eintritt oder die Auswirkungen geringer als erwartet eintreffen. Bei einem üblichen Projekt ergibt sich erst aus der Überlagerung vieler materialisierter Chancen und Risiken das erreichte Ergebnis, weswegen die Aggregation aller Risiken von zentraler Bedeutung ist. Die auf dieser Grundlage aufbauende Entscheidungstheorie wird im Kapitel 7.2 weiter behandelt.

Die anzusetzende Wahrscheinlichkeit, dass ein Risiko auch eintritt hängt maßgeblich von den zur Verfügung stehenden Informationen und deren Zuverlässigkeit ab. Als Sonderfall sind hier die Eintrittswahrscheinlichkeiten 0% (komplett ausgeschlossen) und 100% (unveränderbar sicher) zu nennen, die in der Praxis von zukünftigen Prognosen selten vorkommen. Die Grauzone dazwischen stellt die Unsicherheit und verschiedene Ausprägungen davon dar.

---

<sup>92</sup> RiskNET (www)

<sup>93</sup> Gondring (2007); S. 23

<sup>94</sup> ebenda; S. 2 f.

## 5.2 Unsicherheit und Ungewissheit

In der Entscheidungstheorie wird eine Entscheidung unter Unsicherheit aufgeteilt in zwei grundsätzliche Ausprägungen. Die *Entscheidung unter Risiko*, bei der sowohl die verschiedenen Ausprägungen des Schadensausmaßes als auch die dazugehörigen Eintrittswahrscheinlichkeiten bewertet wurden, stellt die Grundlage für eine mögliche ökonomische Entscheidung dar. Wenn die Ausprägungen des möglichen Schadensausmaßes bekannt sind, für die Eintrittswahrscheinlichkeit aber eine Bewertung nicht erfolgte oder nicht möglich ist, wird von einer *Entscheidung unter Ungewissheit* gesprochen.<sup>95</sup>

Beim Fall, dass ein mögliches Schadensausmaß nicht bewertet wurde oder werden kann, wird von einer Entscheidung unter Unwissen gesprochen, was jedoch nicht mehr unter die Unsicherheit gehört, in der Praxis vermieden werden muss und hier nicht weiter behandelt werden soll.

Für das Schadensausmaß und die Eintrittswahrscheinlichkeit ist in der Ermittlung eine mit vertretbarem Aufwand erreichbare Präzision meistens ausreichend. Auch diese Ausprägungen können damit einer gewissen Unschärfe unterliegen, da dies immer besser als Unwissen ist. Bei Projekten erfolgt meist die Schätzung bzw. Festlegung einer subjektiven Eintrittswahrscheinlichkeit auf Basis von Erfahrungswerten des Bearbeiters. Die alternativ mögliche objektiv ermittelbare Wahrscheinlichkeit bleibt begrenzt auf mathematische Sonderfälle (z.B. das Würfeln einer Zahl) oder auf vergleichbare Probleme mit einer hohen Anzahl ausgewerteter Stichproben (z.B. die Kreditausfallwahrscheinlichkeit).

In diesem Kontext kursieren eine Reihe weiterer Begriffe, die im Rahmen von Bestandsprojekten vorkommen und nachfolgend benutzt werden. Hierzu gehören u.a. die *Unkenntnis* bzw. die *Unvollständigkeit* (z.B. ein unerwarteter versteckter Mangel), die als nicht identifiziertes Risiko vorkommen kann, die *Vagheit*, bei der vorhandene Informationen nicht präzise genug formuliert oder Stichproben überinterpretiert werden, sowie die oben bereits benannte *Unschärfe* von bereits erfassten Daten.

Das Ziel der fortschreitenden Bauaufnahme und Planung ist es, diese drei Ursachen möglicher Abweichungen zu reduzieren. Darüber hinaus ist es beim

---

<sup>95</sup> vgl. Gondring (2007); S. 6 f.

Risikomanagement wichtig zu wissen, welche der Ursachen in welchem Umfang auftreten können. Die Unschärfe einzelner Werte kann dabei durch die Varianz, die Standardabweichung oder eine Maximalabweichung angegeben werden, wobei die Richtung der Abweichung nach oben oder unten ebenfalls von Bedeutung ist.

Während die Unschärfe sich über viele einzelne Werte im Projekt in weiten Teilen gegenseitig aufheben kann, verursachen Vagheit und Unkenntnis/Unvollständigkeit oft eine Abweichung in eine bestimmte Richtung. Um dies auszugleichen werden oft Annahmen zu möglichen Auswirkungen getroffen, die den Richtungsfehler abmindern sollen, aber eine neue erhebliche Unschärfe in die Betrachtung bringen.

Zum Abschluss einer vollständigen Kostenermittlung und Risikobeurteilung liegen demzufolge eine Vielzahl von unterschiedlichen Mengen, Kostenkennwerten und Anpassungsfaktoren vor, die mit einer verbleibenden Unschärfe behaftet sind und trotzdem unter Berücksichtigung klassischer Berechnungsmethoden zu einem einzelnen Erwartungswert zusammengefasst werden.

Die Angabe üblicher Schwankungsbreiten mag bei standardisierten Projekten im Neubaubereich mittlerweile präzise genug sein. Bei Bestandsprojekten geht mit diesen Berechnungsmethoden jedoch das Wissen verloren, wie groß die resultierende Unschärfe tatsächlich noch ist und welche maßgeblichen Annahmen oder unpräzisen Bewertungen zu dieser Unschärfe führen.

Wenn man jedoch bei alternativen Berechnungsmethoden Unschärfe mit Unschärfe bekämpft, erhält man keine übliche Zahl als Ergebnis der Kostenermittlung sondern viele verschiedene Werte, für die nur gesagt werden kann, wo die maximalen Grenzen liegen und mit welcher Wahrscheinlichkeit eine gewisse Bandbreite getroffen wird.

Ähnliche Probleme sind bereits im Bereich der Quantenmechanik vor langer Zeit diskutiert worden, wie hier von Feynman zusammengefasst: „Heißt das nun, dass die Physik, eine Wissenschaft von großer Genauigkeit, sich damit zufrieden geben muss, die Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Ereignisses zu berechnen, und außerstande ist, genau vorherzusagen, was passieren wird? Ja, das heißt es. Ein Rückzug, zweifellos, aber so ist es nun einmal: Die Natur gestattet uns lediglich,

Wahrscheinlichkeiten zu berechnen.“<sup>96</sup> Sie führten unter Berücksichtigung von verbleibender Unschärfe, Unbestimmtheit und Störung von Ergebnissen durch deren Beobachtung zur Heisenbergschen Unschärferelation, die bereits 1927 formuliert und auch heute noch gültig ist.

### 5.3 Projektrisiken

Innerhalb eines Bauprojektes gibt es eine Reihe von bekannten Risiken, deren Vermeidung oder Reduzierung seit jeher zur Aufgabe des Planers gehört. Dies sind insbesondere alle Risiken, die bei ihrem Eintritt den Projekterfolg grundsätzlich in Frage stellen, wie das Risiko überhaupt eine Genehmigung zu erhalten, schwerwiegende statische oder brandschutztechnische Probleme oder ähnliche Dinge.

Solche Risiken sollten im Rahmen des Risikomanagements erfasst und bewertet werden, führen aber ab einer relevanten Eintrittswahrscheinlichkeit in der Regel zu einem sofortigen Eingreifen der Planer und Fachplaner, da die Weiterführung eines Projektes unter solchen Risiken kaum zumutbar ist.

Für den Auftraggeber ebenfalls interessant sind typische Investitionsrisiken, wie Bewertungsrisiken zu Standort, Markt und Finanzierung oder Ertragsausfall- und Verwertungsrisiken. Hierzu gibt es ausführliche Abhandlungen im Bereich von Immobilienprojektentwicklungen<sup>97</sup> oder allgemeinen Immobilieninvestitionen<sup>98</sup>. Der größte Teil dieser Risiken liegt außerhalb des Verantwortungsbereiches und des Einflusses des Planers, kann und muss daher von diesem nicht bewertet werden.

Im Gegensatz dazu trägt der Planer eine Verantwortung, dass die angestrebte Funktion und Gestaltung innerhalb von realistischen Zeit- und Budgetvorgaben erreicht wird. Sollte der Planer hierzu grundlegende Bedenken haben, sind diese frühzeitig dem Auftraggeber mitzuteilen und Optimierungsvorschläge zu unterbreiten.

---

<sup>96</sup> Feynman (2006); S. 30

<sup>97</sup> Schulte (2016); S. 1039 ff.

<sup>98</sup> Gondring (2007); S. 106

Da im Rahmen des Planungsverlaufes sehr lange die Möglichkeit besteht, auf Probleme zu reagieren, ist bei der Risikobeurteilung nicht davon auszugehen, dass blind auf einen großen Schaden zugesteuert wird (z.B. Einsturz einer Decke). Vielmehr ist der Mehraufwand zur Vermeidung oder Reduzierung des Schadeneintrittes (Abfangung und Austausch von Bauteilen) zu bewerten und mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit zur Erfordernis dieses Mehraufwandes zu versehen.

Sollten zu einer Kostenermittlung beim Abschluss einer Planungsphase projektgefährdende Risiken bekannt sein, für die es noch keine Lösungsstrategie gibt, sind diese einzeln auszuweisen und dem Auftraggeber mitzuteilen. Alle anderen, vom drohenden Schadensausmaß geringeren oder mit vertretbarem Mehraufwand lösbaren, Risiken können hinsichtlich terminlicher und finanzieller Auswirkungen bewertet werden.

Auf dieser Grundlage ist es nicht problematisch, wenn zum Abschluss der Vorplanung zum Beispiel noch nicht geklärt ist, ob oder wie viele Deckenbalken auszutauschen sind. Solange dieses Risiko bekannt ist, kann es entweder im Rahmen der nächsten Leistungsphase untersucht oder im Falle eines tragbaren Risikos als offene Entscheidung mit in die Ausführungsphase übernommen werden.

Wichtig ist die fortlaufende Reduzierung der nicht tragbaren Risiken um am Ende der Planung nur noch mit geringem Aufwand vermeidbare oder tragbare Risiken zu behalten. Die Einordnung, welche Risiken tragbar sind und welche nicht, erfolgt dabei anhand der Risikoaffinität des Entscheiders. So werden große Investoren aufgrund einer besseren Streuung von Risiken deutlich andere Ansätze als ein privater Investor haben, der nur wenige Male in Neubau- oder Bestandsprojekte investiert.

## 5.4 Kostenrisiko

Im Kapitel 4.1 wurde bereits erläutert, dass bei allen Kostenermittlungen die vorhersehbaren Kostenrisiken benannt und bewertet sowie geeignete Maßnahmen zum Umgang mit diesen Risiken aufgezeigt werden sollten<sup>99</sup>. Diese Formulierung beinhaltet zwei wesentliche Einschränkungen, zum einen die Reduzierung der Anforderung durch das Verb „sollten“ und zum anderen, dass nur vorhersehbare einzelne Kostenrisiken aufzuzeigen sind.

Durch die Vielzahl der Risiken in frühen Planungsphasen, durch die gegenseitige Beeinflussung von Risiken und die fehlende Aggregation der Risiken würde eine solche Aufstellung für einen Auftraggeber nur einen informativen Charakter haben. Zur Entscheidungsfindung benötigen insbesondere Auftraggeber ohne entsprechende Fachkompetenz eine sinnvolle Zusammenfassung und Beurteilung aller Risiken hinsichtlich der maßgeblichen Projektziele.

In der Zusammenfassung zu einem bestimmten Zeitpunkt und auf Grundlage eines definierten Planungsstandes ergibt sich ein einzelnes Kostenrisiko, das wie bereits erwähnt nicht nur aus einer einzelnen Zahl bestehen kann. Bei vielen statischen Auswertungsmethoden wird aber genau diese Vereinfachung angestrebt.

Im einfachsten Fall wird die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses mit dem möglichen Schadensausmaß multipliziert und alle Risiken über diese Variante aufsummiert. Der darüber erhaltene Erwartungswert entspricht genauso wahrscheinlich dem richtigen Ergebnis eines Projektes wie beim einmaligen Würfeln eine 3,5 erzielt werden kann. Selbst die Angabe einer üblichen Standardabweichung oder Varianz hilft an dieser Stelle nicht weiter, da das Ergebnis bei einem Bestandsprojekt auch auf wenige zentrale Risiken zurückgeführt werden kann, wie der drohende Austausch kompletter Bauteilbereiche durch Schädlingsbefall.

Darüber hinaus existieren grafische Auswertungen, die das Verhältnis von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß darstellen. Diese werden u.a. als „Risk Map“ oder „Risikomatrix“ bezeichnet, können aber auch nur zur Auswahl und

---

<sup>99</sup> vgl. auch DIN 276-1 (2008); S. 7

Hervorhebung bestimmter Risikogruppen dienen. All diese Zusammenfassungen vernachlässigen darüber hinaus die Klumpenbildung einzelner Risiken.

Für die Analyse und Beurteilung einzelner oder weniger Risiken auch unter Berücksichtigung möglicher Korrelationen ist in der DIN EN 31010 eine gute Übersicht vorhanden, welche Methoden sinnvoll einzusetzen sind<sup>100</sup>. Eine echte Aggregation von Risiken ist jedoch nur mittels dynamischer Methoden bzw. Risikosimulationsverfahren möglich. Hier wurden in der Vergangenheit für verschiedene Anwendungsfälle Methoden entwickelt, die entweder auf Basis stochastischer Modelle oder in den vergangenen Jahren auch künstlicher Intelligenz funktionieren<sup>101</sup>.

Auf Grundlage dieser Methoden können dann weitere statistische Auswertungen oder Variantenuntersuchungen durchgeführt werden, die den Anforderungen der Entscheidungsfindung entsprechen.

## 5.5 Stand der Forschung

Die Theorie des Managements von Risiken ist in den Wirtschaftswissenschaften bereits weit entwickelt. Auch in der Immobilienwirtschaft und zunehmend in der Bauwirtschaft<sup>102</sup> werden Methoden zur gezielten Risikobeurteilung erforscht und in die Praxis umgesetzt. In der Immobilienwirtschaft liegt das Augenmerk insbesondere auf der Ermittlung und Zusammenfassung einzelner Investitionsrisiken. Hierzu gibt es u.a. bei Schulte<sup>103</sup> eine umfassende Untersuchung zu Risiken in der Projektentwicklung und zu allgemeineren Immobilienrisiken. Rohde hat darüber hinaus eine umfassende Literaturrecherche vorgenommen<sup>104</sup> und darauf aufbauend eine Verallgemeinerung der Einzelrisiken und eine Systematisierung der Risikoeigenschaften<sup>105</sup> durchgeführt.

---

<sup>100</sup> DIN EN 31010 (2010); Anlage B

<sup>101</sup> vgl. Schwarz (2011); S. 11

<sup>102</sup> ebenda; S. 35 ff.

<sup>103</sup> vgl. Schulte (2016); S. 199 ff. und 1039 ff.

<sup>104</sup> Rohde (2011); S. 56 ff.

<sup>105</sup> ebenda; S. 61 f.

	Chance und Risikorelation		Messbarkeit und Erfassbarkeit		Beeinflussbarkeit und Einflussnahme auf das Objekt		existenzielles/ finanzielles Risiko	
	Eindimensionale Risiken	Zweidimensionale Risiken	Quantitative Risiken	Qualitative Risiken	Systematisch	Unsystematisch	existenziell	finanziell
<b>Immobilienpezifische Risikokategorien</b>								
<b>Standort und Marktrisiken</b>								
National								
Soziodemographisches Risiko		•	•		•		•	
Politisches und rechtliches Risiko		•		•	•		•	
Finanzmarkt- und Währungsrisiko		•		•	•			•
Konjunkturrisiko		•		•	•			•
Kapitalwertungsrisiko	•			•	•			•
Regional								
Soziodemographisches Risiko		•	•		•		•	
Politisches und rechtliches Risiko		•		•	•		•	
Großschadensrisiko Naturgefahren (Man-made-Großschadensrisiko)	•		•		•		•	
Immobilienmarktrisiko (Marktänderungsrisiko)		•		•	•			•
Makrostandort								
Soziodemographisches Risiko		•	•		•		•	
Immobilienmarktrisiko (Marktänderungsrisiko)		•		•	•			•
Großschadensrisiko Naturgefahren (Man-made-Großschadensrisiko)	•		•		•		•	
Mikrostandort								
Anbindungs- und Versorgungsrisiko		•	•			•	•	
Soziodemographisches Risiko		•	•		•		•	
Imagerisiko		•		•		•	•	
<b>Objektbezogene Risiken</b>								
Risiken in den Entstehungsphasen								
Abnahmerisiko	•			•		•		•
Fertigstellungsrisiko		•		•		•		•
Planungsrisiko		•		•		•		•
Risiken für die lokale Umwelt	•			•		•	•	
Risiken in der Nutzungsphase								
Substanzerisiko	•			•		•	•	
Betriebsrisiko*		•		•		•	•	
<b>Vermietungs- und Finanzrisiken</b>								
Wertänderungsrisiko		•		•		•		•
Bonitätsrisiko (Mieter)	•			•		•		•
Finanzierungsrisiko	•		•			•		•
Mietausfallrisiko	•			•		•		•
Leerstandsrisiko	•			•		•		•

Abbildung 13: Systematisierung von Immobilienrisiken nach Rohde<sup>106</sup>

In der Immobilienwirtschaft werden sehr komplexe Beurteilungen zu Risiken vorgenommen, die deutlich über die Betrachtung des Kostenrisikos bei der Herstellung hinausgehen. Dieses Kostenrisiko ist hier nur als Bestandteil des Planungsrisikos in den objektbezogenen Risiken der Entstehungsphase enthalten

<sup>106</sup> Rohde (2011); S. 62

und nach Rohde zweidimensional (es gibt Chance und Risiko), nicht quantitativ erfassbar und nicht systematisch beeinflussbar. Bei Schulte wird das Kostenrisiko zwar einzeln als Entwicklungsrisiko ausgewiesen<sup>107</sup> aber ebenfalls nicht weiter untersetzt. Auch bei anderen Veröffentlichungen (wie zum Beispiel Urschel<sup>108</sup> und Lutz<sup>109</sup>) wird das Kosten- bzw. Planungsrisiko zwar benannt und dessen Eigenschaften allgemein erläutert, aber die Ermittlung als nicht oder kaum quantifizierbar bewertet.

Das Risikomanagement in der Bauwirtschaft beschäftigt sich hauptsächlich mit speziellen Themenfeldern wie Aufwandsermittlungen<sup>110</sup> oder mit dem Umgang von Kalkulations- oder Projektrisiken in der Angebotsphase und Ausführung<sup>111</sup>. Die Ermittlung von Risiken und Unsicherheiten aus der Planung bzw. dem Objekt wird dabei aber ebenfalls nicht detailliert untersucht.

Allgemein liegt beim Risikomanagement, ähnlich wie bei der Planung und Kostenbewertung die aktuelle Forschung hauptsächlich im Bereich der Informationstechnischen Unterstützung der bereits vorhandenen Methoden.

Das größte Problem beim Risikomanagement von Bauprojekten ist die hohe Datenmenge und Komplexität sowie Individualität von Gebäuden und Projekten. In der Immobilienwirtschaft wurde dies bislang vernachlässigt und viele Methoden entwickelt, die von einer Vereinheitlichung und Risikostreuung ausgehen.

So wurden im Rahmen der Verwaltung von Bestandsobjekten mehrere Forschungsprojekte durchgeführt, mit dem Ziel, auf der Grundlage möglichst überschaubarer Zustandsinformationen für einzelne Objekte eine Wahrscheinlichkeit zum weiteren Zustandsverlauf und erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen zu entwickeln. Hierbei haben sich mit dem Forschungsprojekt INVESTIMMO und dem daran anknüpfenden System EPIQR sehr gute und in der Praxis anwendbare Ergebnisse gezeigt.<sup>112</sup> Durch die systemimmanente Reduktion auf wesentliche kostenintensive Bauteile und eine übersichtliche Zustandsbewertung gehen jedoch Abweichungen bei einzelnen

---

<sup>107</sup> Schulte (2016); S. 1041

<sup>108</sup> Urschel (2010); S. 532 ff.

<sup>109</sup> Lutz (2011); S. 175 ff.

<sup>110</sup> z.B. Schwarz (2012); S. 12 ff.

<sup>111</sup> z.B. Seyfferth (2013); S. 310 ff.

<sup>112</sup> Bahr (2010); S. 79

Objekten auch hier nur in der Masse unter, was nur für größere Unternehmen tragbar ist.

Für die Wert- und Risikoermittlung einzelner Objekte hat sich bei anstehenden Immobilienverkäufen die Due-Diligence-Prüfung bewährt, bei der bekannte Markt- und Objektrisiken gezielt geprüft und in der Verkaufsverhandlung berücksichtigt werden. Die Due-Diligence-Prüfung endet in einem umfassenden Report über vordefinierte Punkte sowie einer zusammenfassenden Bewertung und Empfehlung auf Grundlage von quantitativen und qualitativen Analysen.<sup>113</sup>

Im Bereich der Entscheidungsunterstützung sind darüber hinaus viele aktuelle Forschungsprojekte und Veröffentlichungen zu finden, die sich insbesondere mit der Aggregation von Risiken beschäftigen. Ebenfalls im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau lief an der Universität der Bundeswehr München das Projekt „Ein risikobasiertes Entscheidungsfindungsberechnungssystem zur Unterstützung von Projektmanagement/ -controlling“, in dem verschiedene Methoden zur Risiko- und Entscheidungsfindung untersucht und Berechnungsmodelle entwickelt wurden. Für die Analyse der Risiken wurde dabei u.a. die Verwendung von künstlichen Neuronalen Netzen (ANNs) und für die Aggregation die Verwendung einer Monte-Carlo-Simulation (MCS) vorgesehen.<sup>114</sup>

Die Verbesserung der Aggregation von komplexen oder vielen einzelnen Risiken in eine Bewertung ist ein wichtiger Aspekt der Forschung und Entwicklung. Die bereits erwähnte Monte-Carlo-Simulation hat sich dabei als wichtigstes Verfahren etabliert. Anstatt eine große Menge Ereignisse bereits abgeschlossener Projekte auszuwerten, die nur bedingt mit dem aktuellen zu tun haben, wird die stochastische Analyse in diesem Verfahren simuliert. Das mathematische Konzept hinter dieser Analyse wird im Kapitel 11.1 noch einmal genauer vorgestellt. Wichtig ist, dass eine Simulation von vielen verschiedenen Projektverläufen bei vielen und komplexen Informationen erst mit der wachsenden Leistungsfähigkeit von Computern möglich war<sup>115</sup>.

Grundlage der MCS ist ein theoretisches Simulationsmodell, das für jeden Risikofall ein Schadensausmaß und eine Eintrittswahrscheinlichkeit besitzt.<sup>116</sup> Das

---

<sup>113</sup> Gondring (2007); S. 105 ff. sowie 137 ff.

<sup>114</sup> Schwarz (2011); S. 50

<sup>115</sup> Gleißner (2004); S. 31 ff.

<sup>116</sup> Schach (2006); S. 151

Ergebnis der MCS ist eine Verteilungsfunktion bzw. ein Datensatz mit vielen möglichen Ergebnissen, aus dem gezielt die Wahrscheinlichkeit zur Einhaltung einer gewissen Bandbreite oder eines definierten Budgets möglich ist. Entgegen dem nachfolgenden Beispiel aus der Wirtschaft muss die resultierende Kurve keine Normalverteilung bzw. Gaußsche Glockenkurve haben. Vielmehr ergibt sich in Abhängigkeit von größeren oder Klumpenrisiken eine gewellte Kurve, die transparent macht, wie das Projekt wirklich steht und welche Ergebnisse möglich und wahrscheinlich sind.

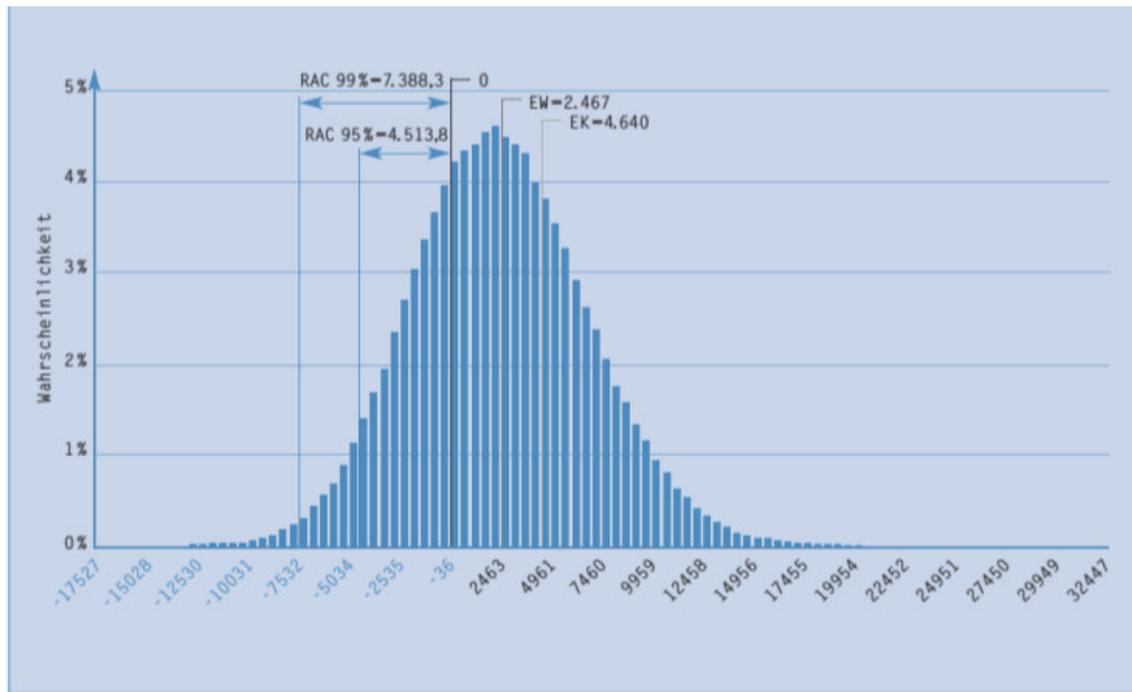


Abbildung 14: Risikoverteilung auf Grundlage einer Monte-Carlo-Simulation<sup>117</sup>

<sup>117</sup> Gleißner (2004); S. 35

## 6 Bauaufnahme

### 6.1 Daten und Informationen

Der richtige Umgang mit dem Bestand setzt voraus, dass ausreichend Wissen über das Objekt vorhanden ist. Dieses Wissen geht jedoch sehr oft mit dem Planer der letzten Projekte verloren, sodass zu Beginn eines Bestandsprojektes in der Regel eine umfangreiche Sammlung bzw. Suche von Informationen und Daten steht.

Daten sind dabei nach North Zeichenfolgen (z.B. Zahlen: 20, etc.) oder Symbole, die noch nicht interpretiert sind. Erst durch die Verbindung mit einer Bedeutung werden diese zu Informationen (z.B. 20 m<sup>2</sup> Nutzfläche eines Raumes). Einzelne Informationen werden für den Betrachter erst dann wertvoll, wenn sie im Kontext zu anderen aktuellen oder bereits bekannten Informationen (z.B. Flächenbedarf für ein 2-Mann-Büro) stehen. Aus der Vernetzung verschiedener Informationen entsteht das Wissen, welches die Grundlage von Entscheidungen bilden sollte.<sup>118</sup>

Wissen ist dabei nach Rathswohl kein Zustand, sondern ein personengebundener fortlaufender sowie sich wiederholender Prozess.<sup>119</sup>

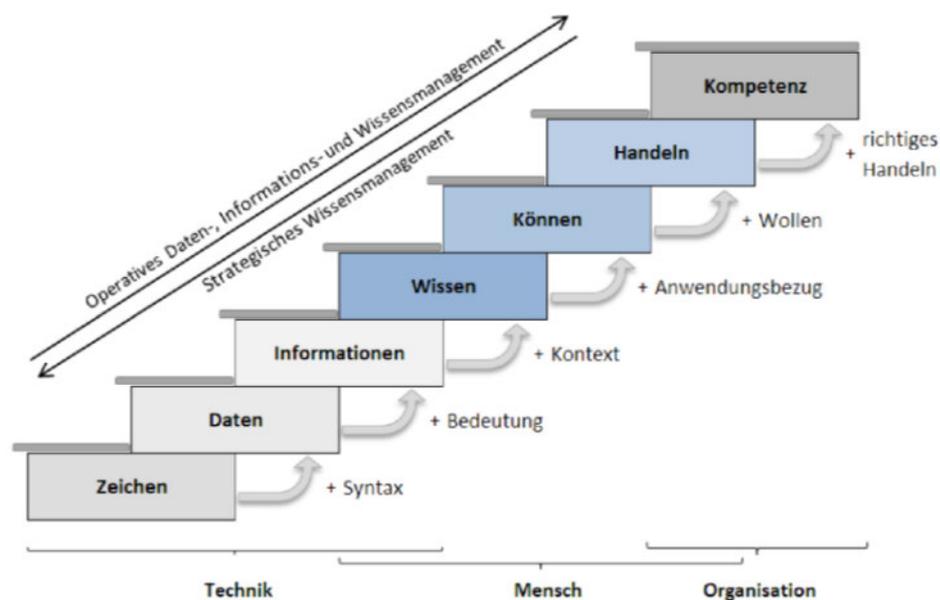


Abbildung 15: Wissenstreppe nach North<sup>120</sup>

<sup>118</sup> North (2013); S. 38 f.

<sup>119</sup> Rathswohl (2014); S. 19 ff.

<sup>120</sup> Quelle: Rathswohl (2014); S. 20

Da bei Bestandsprojekten zwingend das Wissen über die vorhandene Substanz in der Planung zu berücksichtigen ist, müssen die für Entscheidungen erforderlichen Informationen dem Planer rechtzeitig und möglichst strukturiert zur Verfügung stehen. Die Sammlung und Zusammenfassung dieser Informationen wird als Bauaufnahme bezeichnet. Hierzu werden nach Sichtung vorhandener Unterlagen im Verlauf der Planung in mehreren Schritten fehlende Informationen des Bestandsgebäudes aufgenommen, um die fortschreitende Detaillierung des Planungsprozesses zu gewährleisten.

Bei der Aufnahme werden zwar einzelne Daten erhoben aber bereits durch die Zuordnung einer Einheit und eines Bauteils werden daraus Informationen, weswegen nachfolgend grundsätzlich von einer Informationserhebung ausgegangen wird.

Die schrittweise Verdichtung der Informationen zu einem Objekt hat dabei mehrere Gründe. Zum einen werden in den ersten Planungsphasen für grundlegende Entscheidungen und überschlägliche Ermittlungen selten hochpräzise Informationen benötigt. Der Aufwand zur Ermittlung steht jedoch in direktem Verhältnis zum Umfang und zur Präzision der Informationen, weswegen eine höhere Unschärfe bei reduziertem Aufwand in Kauf genommen werden kann.

Zum anderen soll vermieden werden, dass Informationen erhoben werden, die nachfolgend gar nicht benötigt werden, da entweder das Projekt abgebrochen wird, ein Bauteil gar nicht verändert werden muss oder ohnehin komplett ausgetauscht wird.

Im Laufe des Projektes werden somit zwar durch Mehrfachbearbeitungen höhere Aufwände verursacht, im Gegenzug aber gezielt nur die Informationen erhoben, die wirklich erforderlich sind. Welche Informationen in welcher Qualität und in welcher Leistungsphase zu erheben sind, legt der Planer in der Regel projektspezifisch fest.

Bei der Bauaufnahme kann zwischen quantitativen und qualitativen<sup>121</sup> bzw. maßlichen und technischen Erfassungen<sup>122</sup> unterschieden werden. Diese Erfassungen können, müssen aber nicht, von unterschiedlichen Bearbeitern oder in unterschiedlichen Begehungen erbracht werden.

---

<sup>121</sup> vgl. Tichelmann (2013); S. 309 f.

<sup>122</sup> vgl. Schmitz (2004); S. 35

Bei der quantitativen Erfassung (dem Bauaufmaß) werden hauptsächlich geometrische Maße oder Mengen ermittelt, um mit einer hinreichenden Genauigkeit die Substanz auf Plänen darzustellen oder Größen und Mengen für Berechnungen (Kosten, Statik, etc.) zu haben. Für die Genauigkeit und Vollständigkeit der Maße haben sich in Relation zur Darstellungsqualität der Pläne in den verschiedenen Leistungsphasen sogenannte Genauigkeitsstufen etabliert, woraus sich die Anforderungen an die Menge und Präzision der Daten ergeben.<sup>123</sup> Die Durchführung der quantitativen Erfassung erfolgt häufig durch Dienstleister oder spezialisierte, ggf. auch geringer qualifizierte Mitarbeiter.

Bei der qualitativen Bauaufnahme (der Bestandsuntersuchung)<sup>124</sup> werden gestalterische, funktionale oder konstruktive Eigenschaften erfasst und der Grad der Abnutzung sowie andere Zustandseigenschaften bestimmt. Im Gegensatz zur quantitativen Erfassung besteht hier ein erheblicher Zusammenhang zwischen der Fachkunde des Erfassenden und der Zuverlässigkeit sowie dem Informationsgehalt. Da vorab schwer zu bestimmen ist, welcher Umfang und welche Präzision der Informationen hier erforderlich wird, ist die Teilnahme des anschließend planenden Mitarbeiters sinnvoll.

Mit jeder Erfassung steigt zwar die Menge der vorhandenen Daten aber damit nicht zwangsläufig auch die Qualität der Informationen. Bei den anschließenden Auswertungen ist von zentraler Bedeutung, wie die erfassten Daten dokumentiert und geordnet werden, um fehlerhafte Zuordnungen, widersprüchliche Daten oder Lücken zu vermeiden. Bei einem üblichen Bestandsprojekt ergibt sich bereits im Rahmen der ersten Leistungsphasen eine Informationsflut, die insbesondere bei mehreren Bearbeitern schwer zu beherrschen ist.

Hierbei haben sich verschiedene Methoden entwickelt, diese Informationen zu verwalten. Der Versuch, alle Informationen zu behalten und in einer geordneten Struktur abzulegen, ist ein guter Ansatz aber in der Praxis mit einem hohen Aufwand verbunden und so kaum umzusetzen. Die Auswahl voraussichtlich wichtiger Informationen nach der ABC-Analyse oder dem Pareto-Prinzip<sup>125</sup> ist zwar beherrschbar, führt jedoch zu Verallgemeinerungen wie z.B. bei dem EPIQR-System (siehe Kapitel 5.5).

---

<sup>123</sup> vgl. Neddermann (2007); S. 51

<sup>124</sup> vgl. Tichelmann (2013); S. 309

<sup>125</sup> vgl. DIN EN 31010 (2010); Anlage B12

Bei einer konsequenten digitalen Datenhaltung haben sich für ähnliche Probleme in anderen Bereichen strukturierte und durchsuchbare Datenbanken etabliert. Hierfür wären jedoch innerhalb eines Projektes zwei wichtige Aufgaben zu erfüllen, eine digitale Erfassung und Pflege von Daten und Informationen sowie die Anlage und Einhaltung einer Struktur, die diese verwalten kann.

## 6.2 Raum- und Bauteilstrukturen

Der Aufbau und die Anordnungsbeziehungen von Datenbanken sind in der Regel komplexe und abstrakte Gebilde, die ohne entsprechende Fachkenntnisse schwer zu bedienen sind. Die Planer als vorgesehene Nutzer sind jedoch nur in begrenztem Umfang technikaffin, sodass eine Orientierung an bekannten Mustern oder Strukturen hilfreich ist.

Bereits in der nicht digitalen Planung und Bauaufnahme wurden Informationen mit verschiedenen Abbildungen von Gebäudestrukturen assoziiert, um die Bedeutung und den Kontext der Information zu erhalten. Diese Abbildungen des Gebäudes (z.B. Pläne, Skizzen oder Raumbücher) stellen unterschiedliche Modelle des gleichen realen Originals dar und sollen in ihrer Gesamtheit das Gebäude so vollständig nachbilden, dass die Planung und Abstimmung der Bauleistungen mit anderen Beteiligten außerhalb des Objektes erfolgen kann.

Zwischen dem realen Gebäude, nachfolgend auch als Objekt bezeichnet, und der Abbildung dieses Objektes im Rahmen der Planung, nachfolgend als (Gebäude-) Modell bezeichnet, bestehen Zusammenhänge aber auch deutliche Unterschiede. Modelle können einzelne oder mehrere Attribute des Originals darstellen, aber nicht die Gesamtheit des Originals wiedergeben. Darüber hinaus werden die Informationen des Modells für dessen Zweck vereinheitlicht und/oder verkürzt.<sup>126</sup>

In Gebäuden sind zwei verschiedene Strukturen vorhanden, deren Betrachtung je nach Absicht Vor- und Nachteile hat. Für die Orientierung eines Nutzers oder Planers im Gebäude ist die Raumstruktur besser geeignet, da Menschen sich in Räumen bewegen und in der Regel nur die umfassenden Flächen wahrnehmen können. Für die Planung und Bewertung von funktionalen Eigenschaften oder

---

<sup>126</sup> Gessmann (2008); S. 24 f.



Während beim Neubau die Raumstruktur hauptsächlich für Nutzungsabsichten abgebildet wird und erst spät im Projekt feststeht bzw. für alle erkennbar wird, werden Bestandsprojekte meistens aus einer bestehenden Nutzung heraus oder für eine neue Nutzungsabsicht initiiert. Die Raumstruktur ist dabei schon vorhanden und hilft auch dem Planer bei der Erfassung des Bestandes, da bei fast jeder Betrachtung eines Grobelementes nicht das gesamte Bauteil wahrzunehmen ist sondern nur einzelne Oberflächen.

Beim gering invasiven Bauen im Bestand (Instandsetzungen, Modernisierungen) ist damit aus Sicht des Verfassers im Gegensatz zum Neubau oder auch einem kompletten Umbau eine Orientierung an der Raumstruktur auch für den Planer wichtig, da im Verhältnis deutlich mehr Maßnahmen an Bauteiloberflächen erfolgen. Im Bereich der qualitativen Bestandserfassung haben sich dabei Raumbücher bewährt, die unter anderem bei der Denkmalpflege eine sichere Zuordnung von Informationen zu Räumen und den begrenzenden Bauteilen erlauben. Auf dieser Grundlage sind schrittweise Informationsverdichtungen sowie Dokumentationen zu Planungsabsichten und Ausführungen möglich und stehen in einer allgemein verständlichen Struktur zur Verfügung.

Unter Beachtung des Lebenszyklusgedanken, der weitere Nutzungsphasen und zukünftige Instandsetzung- und Anpassungsmaßnahmen anschließen lässt, könnte aus diesem projektspezifischen Raumbuch mit geringem Aufwand und großem Nutzen auch ein Raumbuch im Sinne des Facility Management werden. Hierzu wären die im Planungsprozess üblichen analogen oder händisch angefertigten digitalen Raumbücher in eine besser nutz- und auswertbare Datenstruktur zu überführen.<sup>128</sup>

### **6.3 Digitale Bauaufnahme**

In den letzten 20 Jahren haben sich im Bereich der Bauaufnahme deutliche Verbesserungen durch die zunehmende Nutzung digitaler Aufnahmemethoden ergeben. Dabei sind sowohl Vereinfachungen in der Anwendung als gleichzeitig

---

<sup>128</sup> vgl. Gessmann (2008); S. 49 ff.

auch die Gewinnung präziserer Daten erreicht worden. Die Verbesserungen fanden jedoch hauptsächlich in der maßlichen Erfassung statt.

Die für verschiedene Planungsstufen und Projektanforderungen entwickelten Genauigkeitsstufen<sup>129</sup> wurden dabei anhand der möglichen Genauigkeit durch händische Aufmaßmethoden bestimmt. Bei zunehmender Anforderung an die Genauigkeit der Daten und die zusätzliche Aufnahme von Verformungen wurden die Aufwendungen für den Erfasser extrem, zumal geometrische Daten bei schwer erreichbaren Bauteilen überhaupt erst über umfangreiche Berechnungen zu ermitteln waren.

Durch den Einsatz von u.a. Lasermessgeräten für einzelne Strecken oder für die sofortige dreidimensionale Bestimmung eines Punktes im Raum konnte der Aufwand beim Messen und Berechnen deutlich reduziert werden. Eine Darstellungsgenauigkeit von +/- 10 cm, wie in der Genauigkeitsstufe 2 für ein „annähernd wirklichkeitsgetreues Aufmaß“ gefordert wird, ist heute mit üblichen technischen Mitteln problemlos erreichbar. Selbst für die 3. Stufe mit einer erlaubten Abweichung von 0,25% bzw. 1 cm auf 4 m entsteht kein großer zusätzlicher Aufwand<sup>130</sup>. Es ist fraglich, inwieweit diese Präzision in der Planung von Bestandsprojekten sinnvoll bzw. erforderlich ist, da selbst die aktuell gültigen Toleranzanforderungen im Hochbau für Grenzabmaße und Ebenheitstoleranzen bei Neubauprojekten größere Streuungen zulassen<sup>131</sup>.

Zur vereinfachten Erfassung unebener Oberflächen wurden zusätzlich Systeme entwickelt, die automatisch eine Vielzahl von dreidimensionalen Punkten aufmessen und aus diesen Punktwolken die Umfassungsflächen von Räumen bestimmen.

Insgesamt kann man davon ausgehen, dass bei einer maßlichen Erfassung mit aktuell gängigen Methoden kaum relevante Mengenrisiken bei den erfassten Bauteilen entstehen können. Problematisch ist hier eher die Vollständigkeit der Bauteile. Darüber hinaus wird jedoch bei der Erfassung oft vernachlässigt, um was für eine Oberfläche es sich handelt und was sich dahinter befindet, sodass auf dieser Basis noch gar nicht von echten Bauteilen gesprochen werden kann. Die

---

<sup>129</sup> vgl. Neddermann (2007); S. 51

<sup>130</sup> ebenda; S. 52

<sup>131</sup> vgl. DIN 18202 (2013); S. 9 ff.

hierfür erforderliche konstruktive und qualitative Erfassung hat sich nur in wenigen spezifischen Punkten gegenüber der ursprünglichen analogen Bearbeitung verändert.

Ein großer Vorteil ist die Qualität, Verfügbarkeit und Zeitersparnis durch die digitale Fotografie, wobei eine Zuordnung der Bilder zum Bauteil oder Raumbuch oft noch händisch erfolgen muss. Zusätzlich wurden auch zerstörungsfreie Messmethoden erforscht und zum Teil in die Praxis überführt, die funktionale und konstruktive Eigenschaften von Bauteilen sichtbar machen. Hier sind insbesondere Wärmebildaufnahmen von Fassaden oder Ultraschall-Transmissionsverfahren<sup>132</sup> zu nennen.

Was in der Praxis jedoch noch immer fehlt und ein elementarer Bestandteil des im Kapitel 1.2 vorgestellten Forschungsprojektes war, ist die digitale Unterstützung bei der Aufnahme der Gebäudekonstruktion, von Materialangaben einzelner Bauteile sowie anderen Daten und Informationen, die ein fachkundiger Erfasser vor Ort erkennen kann. Solch eine Bauaufnahme geht weit über die maßliche Erfassung und vereinfachte Bewertung des Zustands von Bauteilgruppen (z.B. im System EPIQR) hinaus.

Erste Forschungsarbeiten hierzu erfolgten bereits Anfang des Jahrtausends, u.a. im Sonderforschungsbereich 524<sup>133</sup> und anderen Projekten an der Bauhaus-Universität Weimar<sup>134</sup>. Im Rahmen des Forschungsprojektes „ZBau Bestandserfassung“ wurde eine umfangreiche Konzeption und eine erste prototypische Umsetzung für die vereinfachte Aufnahme und Anknüpfung solcher Informationen an ein Gebäudemodell entwickelt.<sup>135</sup> Der eigene Anteil zu diesem Punkt des Forschungsprojektes war die Vorgabe von erforderlichen Informationen und die Abstimmung möglicher Strukturen im Gebäudemodell zur Dokumentation dieser Informationen.

Hierbei zeigte sich, dass auf Grundlage der 2008 aktuellen Technologie eine solche Unterstützung bei der Bauaufnahme umsetzbar ist. Die Weiterentwicklung ist jedoch mit einem hohen Aufwand verbunden, der erst Sinn macht, wenn die

---

<sup>132</sup> vgl. Vogel (2013); S. 31 ff. und 58 ff.

<sup>133</sup> Donath (2002)

<sup>134</sup> Petzold (2003)

<sup>135</sup> Donath (2010); S. 21 ff. und 30 ff.

Informationen von den Planern innerhalb des Planungsprozesses auch angewendet und weiter gepflegt werden können.

Eine Weiterentwicklung der qualitativen Erfassung auf Grundlage des Forschungsprojektes „ZBau Bestandserfassung“ oder anderer Projekte ist nicht bekannt. Der für die Aufnahme zuständige Verbundpartner im Forschungsprojekt (kubit, zwischenzeitlich von FARO übernommen) beschäftigt sich auch weiterhin hauptsächlich mit der Vermessung und Photogrammetrie.

#### **6.4 Das digitale Gebäudemodell**

Die Möglichkeiten zur digitalen Abbildung realer bzw. geplanter Gebäude verbesserten sich in mehreren Entwicklungsstufen. Im ersten Schritt standen CAD-Systeme (CAD – computer aided design) als einfache Zeichenwerkzeuge zur Verfügung, die ähnlich einem analogen Plan einzelne Linien 2-dimensional anordnen konnten. Aus der Art der Linie bzw. der Darstellung von Flächen zwischen den Linien lassen sich dabei Rückschlüsse auf das reale Element ziehen. Verbindungen zwischen verschiedenen Darstellungen (Grundrisse, Schnitte, etc.) eines Objektes gibt es dabei nicht, sodass Änderungen immer nacheinander an allen Darstellungen durchzuführen sind oder Widersprüche im Modell möglich sind.

In der nächsten Entwicklungsstufe, dem 3d-CAD, können Linien, Flächen und Volumen 3-dimensional angeordnet werden, wodurch sich ein Gebäude mit hohem Aufwand komplett modellieren lässt. Hierdurch werden z.B. Änderungen an einem Element in alle Darstellungen übernommen und durch die 3-dimensionale Abbildung werden zusätzliche Darstellungsformen ermöglicht. Die Zuordnung von weitergehenden Material- oder Zustandsinformationen an die Elemente ist jedoch auch hier nicht möglich.

Unter Berücksichtigung der Raum- und Bauteilstrukturen eines realen Objektes sind in CAAD-Systemen (CAAD – computer aided architectural design) Werkzeuge bzw. zusätzliche Funktionen zur Vereinfachung der architektonischen

Planung von Gebäuden entwickelt worden.<sup>136</sup> In diesen Modellen kann das geplante oder bestehende Gebäude mit vertretbarem Aufwand und einer hohen Detaillierung maßlich abgebildet werden. Wände, Decken, Fenster, Treppen, etc. werden dabei als Bauteile mit Parametern zusammengefügt und können einfach modifiziert werden. Darüber hinaus können Bauteilen auch zusätzliche Informationen (Farbe, Materialität, etc.) zugeordnet werden, was für eine realitätsnahe Visualisierung, zur einfacheren Mengenermittlung aber auch als Grundlage für weitere Planungsleistungen (z.B. statische oder bauphysikalische Ermittlungen) dienen kann.

Das Problem dieser CAAD-Systeme ist, dass sie für einen bestimmten Anwendungsfall, hier der architektonischen Gestaltung, oder einen bestimmten Satz vorher definierter Daten, hier hauptsächlich Bauteilen, die aktuell gültigen Normen für den Neubau entsprechen, erstellt wurden. Die weiteren Planungen, z.B. die Planung der haustechnischen Ausstattung, oder Ermittlungen, z.B. die Statik oder Bauphysik, werden in anderen Systemen durchgeführt. Im Laufe von Projekten entstehen dadurch mehrere z.T. widersprüchliche Modelle und es können spezifische Anforderungen auftreten, die eine Anpassung des Modells an fehlende, abweichende und zusätzliche Daten oder komplett neue Strukturen benötigen. Klassische CAAD- oder fachspezifische Planungssysteme stoßen in diesem Fall schnell an ihre Grenzen und die Zusammenführung der Teilmodelle in einen Entwurf wird für den koordinierenden Planer zur Herausforderung.

Zur besseren Erzeugung und Verwaltung verschiedener „digitaler virtueller Darstellungen der physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks“<sup>137</sup> wurde das Building Information Modeling (BIM) als theoretische Methode entwickelt und veröffentlicht<sup>138</sup>:

- 1974 Eastman et al. „An Outline of the Building Description System“
- 1992 van Needervan und Tolman, erstmalige Verwendung Begriff BIM im Paper „Modelling multiple views on buildings. Automation in Construction“
- 2003 Autodesk, White Paper „Building Information Modeling“

---

<sup>136</sup> Donath (2008); S. 13

<sup>137</sup> Egger (2013); S. 18

<sup>138</sup> Borrmann (2015); S. 5

Darüber hinaus hat Eastman mit zwei weiteren Veröffentlichungen (1999 „Building Product Models“<sup>139</sup> und 2008 „BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors“<sup>140</sup>) maßgeblich zur Verbreitung und Durchsetzung der Methode beigetragen. In diesem Zeitraum (1999 bis 2008) sind verschiedene kommerzielle BIM-Systeme auf den Markt gekommen bzw. haben sich aus CAAD-Systemen weiterentwickelt, die sich jedoch bislang hauptsächlich an der Neubauplanung und dem Facility Management in der Nutzungsphase orientieren.

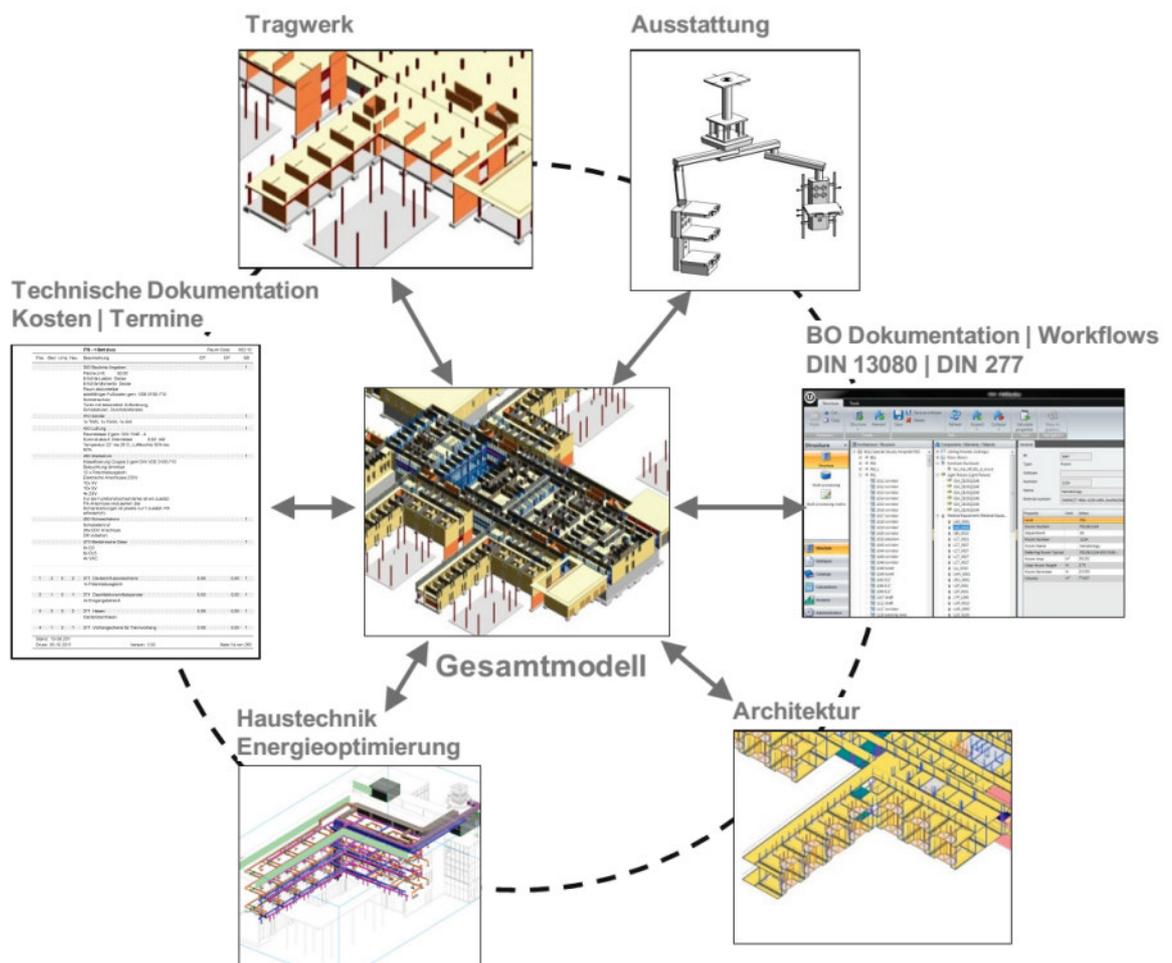


Abbildung 17: Beispiel für ein zusammengeführtes Gebäudemodell<sup>141</sup>

Im Kontext der Bauaufnahme wurde die Zusammenführung und Verwaltung verschiedener Teilmodelle u.a. an der Bauhaus-Universität Weimar im

<sup>139</sup> Eastman (1999)

<sup>140</sup> Eastman (2008)

<sup>141</sup> Egger (2013); S. 21

Sonderforschungsbereich 524<sup>142</sup> und anderen Forschungsprojekten<sup>143</sup> entwickelt und im Projekt „IT-gestützte projekt- und zeitbezogene Erfassung und Entscheidungsunterstützung in der frühen Phase der Planung im Bestand (Initiierungsphase) auf Grundlage eines IFC-basierten CMS“<sup>144</sup> (nachfolgend als „ZBau Bestandserfassung“ bezeichnet) fortgeschrieben. Für weitergehende theoretische Grundlagen wird an dieser Stelle auf die entsprechenden Veröffentlichungen von Donath (2002, „Bauplanungsrelevantes digitales Gebäudeaufnahme- und Informationssystem – Sonderforschungsbereich SFB 524 Teilprojekt D2“), Donath (2010, „IT-gestützte projekt- und zeitbezogene Erfassung und Entscheidungsunterstützung in der frühen Phase der Planung im Bestand (Initiierungsphase) auf Grundlage eines IFC-basierten CMS“) und Thurow (2004, „Digitaler Architekturbestand – Untersuchungen zur computergestützten, schrittweisen Erfassung und Abbildung der Geometrie von Gebäuden im Kontext der planungsrelevanten Bauaufnahme“) sowie auf die umfassende Auseinandersetzung mit Multimodellen im Bauwesen von Scherer und Schapke<sup>145</sup> verwiesen.

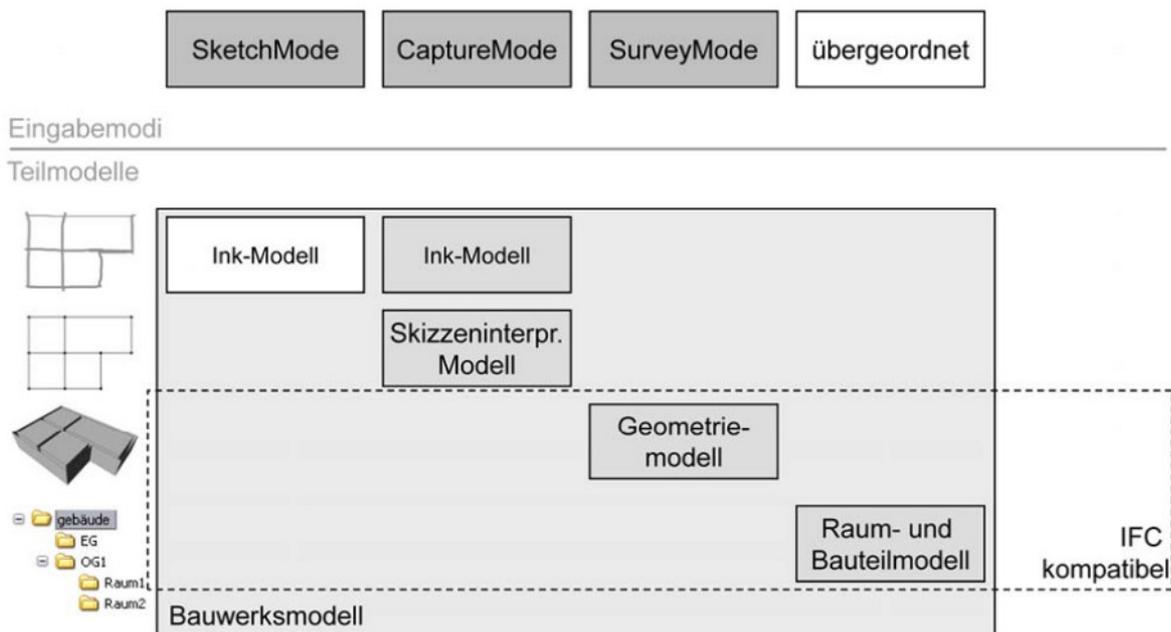


Abbildung 18: ZBau Bestandserfassung – verschiedene Teilmodelle innerhalb eines Systems

<sup>142</sup> Donath (2002)

<sup>143</sup> z.B. Thurow (2004)

<sup>144</sup> Donath (2010); S. 21 ff.

<sup>145</sup> Scherer (2014); S. 39 ff.

Bei allen Modellen, unabhängig davon ob sie in einem oder getrennten Systemen laufen, ist der Datenaustausch untereinander von großer Bedeutung. Innerhalb eines Systems lässt sich diese Anforderung gut erfüllen. Gerade beim Austausch mit anderen Systemen werden aber standardisierte Klassen bzw. Objekte erforderlich.

In den Kapiteln 3.4 und 4.5 wurde bereits auf den entwickelten standardisierten Austausch von Bauteildaten zwischen verschiedenen Planungs- und Simulationsprogrammen eingegangen. Die Grundlage hierfür bilden die Industry Foundation Classes (IFC), die als Datenaustauschformat für Bauwerksmodelle aus einem großen Zusammenschluss von Firmen und Forschungseinrichtungen entwickelt und in der ISO 16739<sup>146</sup> als internationaler Standard registriert sind. Verbreitet ist hier noch der Standard IFC2x3, in dem eine Reihe von CAAD-Programmen zertifizierte Schnittstellen haben. Mit der ISO Stand 2013 wurde der Standard IFC4 eingeführt und nach und nach mit Leben erfüllt.<sup>147</sup>

Zur Anwendung des BIM und der IFC bei Bestandsprojekten<sup>148</sup> oder in der Nutzungsphase<sup>149</sup> gibt es einige Forschungsprojekte, die zu dem Ergebnis kommen, dass dies grundsätzlich möglich aber immer auch mit Problemen bzw. nur eingeschränkt nutzbar ist.

Im eigenen Forschungsprojekt „ZBau Bestandserfassung“ wurde als Grundlage für den Datenaustausch innerhalb des Systems ein modifiziertes Raum- und Bauteilmodell aus vorherigen Projekten verwendet. Die Anpassungen wurden dabei aber insbesondere an die Standards der IFC vorgenommen, um einen Datenaustausch und die spätere Auswertung über den IFC-Standard zu testen. Auch bei diesem Projekt zeigte sich, dass das Bauteilmodell grundsätzlich eine hohe Flexibilität zulässt, gerade bestandsspezifische Informationen aber schwer zu integrieren sind<sup>150</sup>.

In der aktuellen Forschung wird die Weiterentwicklung des BIM an das Bauen im Bestand zwar als Aufgabe gesehen aber es liegen noch keine konkreten Ergebnisse vor. Im BIM-Leitfaden für Deutschland wird zwar die

---

<sup>146</sup> ISO 16739 (2013)

<sup>147</sup> buildingSMART (spec)

<sup>148</sup> Borrmann (2015); S. 382 f.

<sup>149</sup> Hausknecht (2013); S. 66 ff.

<sup>150</sup> Donath (2010); S. 27 f.

Informationsdurchgängigkeit über den gesamten Lebenszyklus gefordert, dieser aber auf „Planung, Realisierung, Betrieb, Rückbau“<sup>151</sup> reduziert.

Gessmann hatte darüber hinaus bereits 2009 vorgeschlagen, Bauteilen und Bauteilschichten Zustandsbeurteilungen und Lebensdauern zuzuordnen, um im Betrieb einen einfacheren Überblick über die Entwicklung des Objektes und anstehende Instandhaltungs- oder Instandsetzungsmaßnahmen zu ermöglichen.<sup>152</sup> Die zusätzlichen Anforderungen aus Sanierungsprojekten mit umfangreichen Bauteiländerungen sind aber auch in seinem Konzept zu einem lebenszyklusorientierten Gebäudemodells vernachlässigt.

Bei dem derzeit aktuellsten Werk zum BIM<sup>153</sup> im deutschsprachigen Raum wird an verschiedenen Stellen das Bauen im Bestand thematisiert, aber ein umfassendes Konzept zur Weiterentwicklung ist auch hier nicht vorhanden. Neben einer ausführlichen Darstellung zu Möglichkeiten bei der Bauaufnahme<sup>154</sup>, in der hauptsächlich die geometrische Erfassung des Objektes beschrieben wird, werden die Besonderheiten und die aktuellen Möglichkeiten bei Bestandsprojekten von Entzian und Scharmann zusammengefasst<sup>155</sup>. Hierbei wird aber für die Planung das Arbeiten in zwei verschiedenen Modellen (Bestand und Ziel) oder ein aufwendiges Arbeiten in einem Modell beschrieben, bei dem Bauteile nur den jeweiligen Zuständen „Bestand“, „Abbruch“ oder „Neubau“ zugeordnet werden können. Hierdurch wird der häufige Fall einer Bauteil-Instandsetzung oder teilweisen Ergänzung nicht abgedeckt. Die Zuordnung von einzelnen Maßnahmen zu Bauteilen (hier Prozessen) wird ebenfalls erläutert<sup>156</sup>, erscheint aber für einen Einsatz im Rahmen der Planung sehr aufwändig und entspricht eher der herkömmlichen auf BIM-Applikationen übertragenen Arbeitsweise. Die Maßnahmen werden in diesem Fall wie einzeln abzubrechende oder neu zu erstellende Bauteile im Modell abgebildet. Die anschließende Zuordnung von Kostenkennwerten erfolgt ebenfalls eher auf dem herkömmlichen Weg durch Suche bzw. Zuordnung in Datenbanken. Der hierfür erforderliche Aufwand ist in frühen Projektphasen nicht zu leisten, weswegen die „nachvollziehbare

---

<sup>151</sup> Egger (2013); S. 24

<sup>152</sup> Gessmann (2009); S. 94 ff.

<sup>153</sup> Borrmann (2015)

<sup>154</sup> ebenda; S. 343 ff.

<sup>155</sup> ebenda; S. 371 ff.

<sup>156</sup> ebenda; S. 375 ff.

Kostenschätzung<sup>157</sup>, eigentlich Bestandteil der Leistungsphase 2, eher einem Kostenanschlag nach Leistungsphase 6<sup>158</sup> entspricht. Die Einschätzung von Entzian und Scharmann, dass „die Anwendung von BIM beim Bauen im Bestand für alle Beteiligten erhebliche Vorteile bringen kann“<sup>159</sup>, wird vom Verfasser geteilt, jedoch sind hierfür die aktuell verfügbaren Systeme insbesondere in den frühen Planungsphasen noch nicht geeignet.

Interessant ist der in der Einführung angeführte Ausblick auf die Integration des Lebenszyklusgedanken in das Modell<sup>160</sup>. Die Umsetzung wird nach dieser aus Großbritannien übernommenen Darstellung (siehe Abbildung 19) jedoch erst im nächsten Reifegrad des BIM in Verbindung mit der weiteren Integration der Teilmodelle, offenen Austauschformaten und einer Cloud-basierten Modellverwaltung erwartet. Inwieweit der Lebenszyklusgedanke sich hier eher am Betrieb des Gebäudes orientiert oder tatsächlich auch Bestandsentwicklungen berücksichtigt, ist dem Werk nicht zu entnehmen.

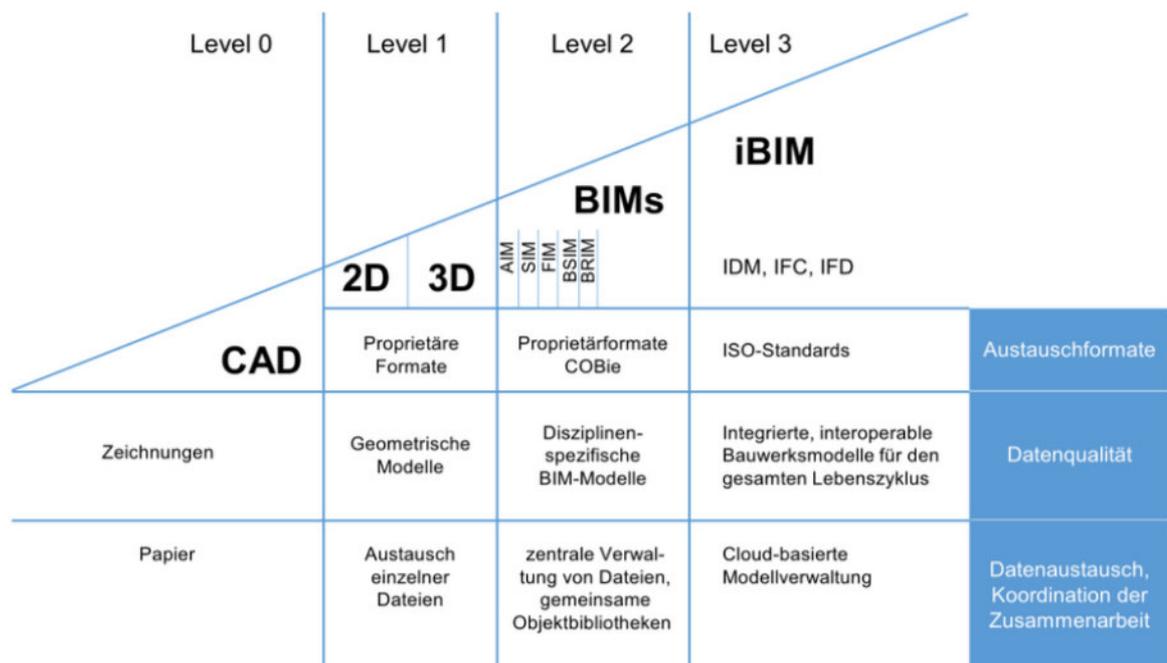


Abbildung 19: Weiterentwicklung des BIM nach Bew und Richards<sup>161</sup>

<sup>157</sup> Borrmann (2015); S. 381

<sup>158</sup> siehe hierzu Kapitel 4.1

<sup>159</sup> ebenda; S. 382

<sup>160</sup> ebenda; S. 9 f.

<sup>161</sup> ebenda; S. 10

## 6.5 Aufnahme von Zustand, Mängeln und Schäden

Sowohl bei der Neubauplanung als auch der Planung einer Sanierung wird hauptsächlich dargestellt, wie das Objekt zum Abschluss des Projektes beschaffen sein soll. Zusätzlich zu funktionalen und gestalterischen Absichten für das fertige Objekt ergeben sich beim Bauen im Bestand aber auch Zwänge aus der vorhandenen Substanz. Diese sind für das Projekt als Zielstellung von hoher Relevanz und somit auch bei der Bauaufnahme zu berücksichtigen. Diese Zwänge kann man grob als Abweichungen von den Anforderungen der zukünftigen Nutzung zusammenfassen.

Ein häufig betrachteter Aspekt ist an dieser Stelle der Zustand eines Bauteils bzw. der verbleibende Abnutzungsvorrat. Bauteile oder Bauteilschichten mit einem schlechten allgemeinen Zustand sind aus funktionalen oder ästhetischen Gründen meist nicht mehr für die anstehende weitere Nutzungsperiode geeignet und müssen ausgetauscht oder ergänzt werden. Typisch sind hier eine Vielzahl von Oberflächen, die geringe Nutzungsdauern haben und in Intervallen, abhängig von Qualität, Nutzung und anderen Faktoren, ausgetauscht werden müssen:<sup>162</sup>

---

<sup>162</sup> Bahr (2010); S. 56 ff. und 116

Kostengruppe / Bauteil	Bauteilschicht	Lebenserwartung in Jahren		
		von	mittel	bis
KG 335 Außenwand- bekleidungen, außen	11. Abdichtung gegen nichtdrückendes Wasser	30	40	60
	12. Außenanstriche			
	Kalkfarbe	6	7	8
	Kunststoffdispersionsfarben	10	20	25
	Mineralfarbe	10	15	25
	01- und Kunstharz	5	8	20
	Imprägnierung auf Mauerwerk	15	20	25
	Imprägnierung auf Holz	10	15	20
	Kunststoffbeschichtungen auf Beton	15	20	30
	13. Außenputze			
	Zementputz, Kalkzementputz	20	40	50
	Kunststoffputz	25	30	35
	WDVS	25	30	45
	14. Bekleidungen auf Unterkonstruktion			
	Naturstein, Schiefer-, Kunststeinplatten	60	80	100
	Kupferblech	70	80	100
	Faserzementplatten, Bleiblech	40	55	60
	Aluminium	50	60	100
	Zinkblech, Stahlblech verzinkt	30	45	60
	Kunststoff	30	40	50
Glas	40	50	70	
Unterkonstruktion Edelstahl	80	100	120	
Unterkonstruktion Stahl	30	45	60	
Unterkonstruktion Holz	30	35	50	
Unterkonstruktion Holz	25	30	35	
KG 334 Außen Türen und -fenster	17. Rahmen / Flügel			
	Hartholz, Aluminium	40	50	60
	Weichholz	30	40	50
	Stahl, verzinkt	40	45	50
	Kunststoff	40	50	60
	18. Verglasung, Abdichtung			
	Einfachverglasung	60	80	100
	Mehrscheiben-Isolierglas	20	25	30
	Verkittung	8	10	15
	Glasabdichtung durch Dichtprofile	15	20	25
Glasabdichtung durch Dichtstoffe (Silicone o.ä.)	10	12	25	
Flügeldichtungsprofile	15	18	25	

Abbildung 20: Nutzungsdauern von Bauteilschichten nach BMVBS<sup>163</sup>

Diese Ermittlung ist vergleichbar mit dem Vorgehen im System EPIQR und wird grundsätzlich bei jedem Instandsetzungs- und Sanierungsprojekt durchgeführt aber selten systematisch mit den dazugehörigen Bauteilen dokumentiert. Bei einer Modernisierung oder Umnutzung geht es meist darum, über die ursprüngliche Anforderung an das Bauteil hinaus, den Bestand an neue Funktionen anzupassen wie zum Beispiel bei Energiesparmaßnahmen, seniorengerechten Umbauten oder der Umwandlung von Nichtwohngebäuden in Wohngebäude.

<sup>163</sup> IEMB (2006); S. 4

Allgemeine Abweichungen von den zukünftigen Anforderungen stellen einen Mangel für die Gebrauchstauglichkeit des Bestands dar, der im Sanierungsprojekt zu beheben ist oder alternativ von einem (Ersatz-)Neubau behoben werden müsste. Zusätzlich können an einzelnen Bauteilen auch lokal begrenzte Mängel vorkommen, die aufgrund von besonderen Einflüssen, Material- oder Herstellungsfehlern eine vorzeitige Anpassung erfordern.

In diesem Zusammenhang wird oft von „Bauschäden“ gesprochen<sup>164</sup>, obwohl der Begriff aus Sicht des Verfassers nicht korrekt ist. Mit der Unterscheidung hat sich insbesondere Hauser ausführlich beschäftigt<sup>165</sup> und dabei festgestellt, dass auf Grundlage der juristischen Sichtweise einer Sache immer nur ein Mangel anhaften kann und der Schaden erst als Nachteil aus dem Mangel einer juristischen Person entsteht. In der Praxis bedeutet dies, dass das Fehlen einer Eigenschaft oder das Vorhandensein einer ungewünschten Eigenschaft bei einem Bauteil nur ein Mangel ist, der Schaden entsteht durch die fehlende Nutzbarkeit oder den Aufwand zur Nachrüstung dieser Eigenschaft.

Unter dieser Voraussetzung beruht jeder Schaden auf einem Mangel aber nicht jeder Mangel wird auch zu einem Schaden. Nachfolgend soll demnach der Begriff „Mangel“ als übergeordnete Bezeichnung von ungewünschten oder fehlenden Eigenschaften verwendet werden.

Die Ursachen von Mängeln sind äußerst vielfältig und oftmals komplex. Auf Grundlage der Entstehungszeit können diese wie folgt gruppiert werden:

- nicht erkannte oder in Kauf genommene Abweichungen im Material oder Herstellungsprozess (dauerhaft vorhandene Sachmängel)
- schleichende Entstehung durch Aufbrauch des Abnutzungsvorrates (langsam zunehmende Mängel)
- zufällig auftretende äußere Einwirkungen, die über einer verträglichen Belastungsgrenze liegen (spontan entstehende Mängel)

Der tatsächliche Schaden ergibt sich meist erst mit zeitlicher Verzögerung und oft in einer Kombination aus verschiedenen Mangelursachen. Hauser unterschied im Zusammenhang mit dem Komplettausfall einer Bauteilfunktion zwischen Anfangsschäden, Zufallsschäden und Altersschäden und stellt die

---

<sup>164</sup> vgl. Neddermann (2007); S. 52 f.

<sup>165</sup> Hauser (2003); S. 13 f.

Schadenshäufigkeit in Relation zur Lebensdauer von Gebäuden oder Bauteilen dar.<sup>166</sup>

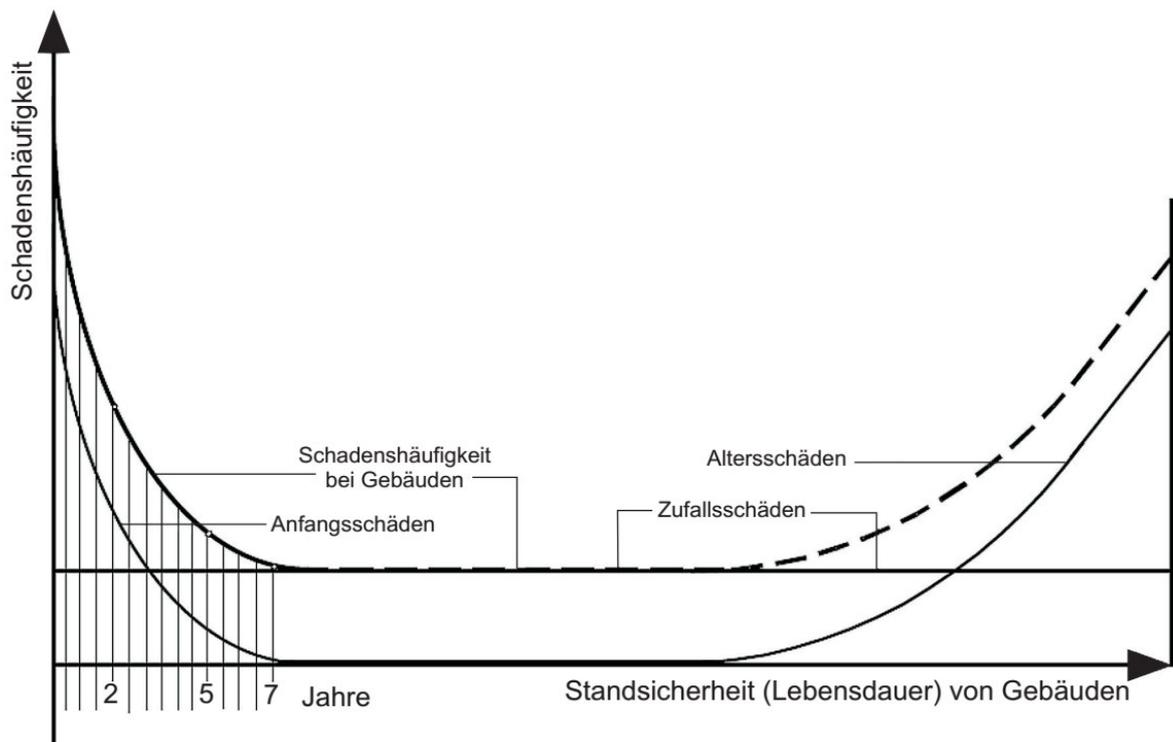


Abbildung 21: Verteilung Schadenshäufigkeit über die Lebensdauer von Gebäuden nach Hauser<sup>167</sup>

Im Rahmen eines Instandsetzungs- oder Sanierungsprojektes muss auf Grundlage solcher Betrachtungen überlegt werden, wie wahrscheinlich der Ausfall einer gewünschten Bauteilfunktion in der nachfolgenden Nutzungsperiode ist und demzufolge ein Schaden eintreten kann. Mängel können in dieser Hinsicht wie Risiken betrachtet und in vermeidbare, tragbare und nicht tragbare Mängel unterschieden werden. Ein vermeidbarer Mangel wäre zum Beispiel eine Abweichung durch eine gewünschte Funktion, die ggf. auch anders erfüllt werden kann. Ein tragbarer Mangel ist die schon vorhandene Abnutzung eines Bauteils, wobei für die weitere Abnutzung noch ein ausreichender Vorrat vorhanden ist. Nicht tragbare Mängel sind alle Eigenschaften, die eine weitere Nutzung insgesamt in Frage stellen.

Im Gegensatz zum Neubau, wo der Aufwand der Herstellung sich über die Konstruktion und Eigenschaften eines Bauteils bestimmt, sind beim Bauen im

<sup>166</sup> Hauser (2003); S. 19 f.

<sup>167</sup> ebenda; S. 19

Bestand diese als Mängel zusammengefassten Abweichungen die Ursache von Bauleistungen. Die Planung von Sanierungsmaßnahmen und dabei die Bewertung von Kosten und Risiken können somit nur auf Grundlage einer umfassenden Mangelaufnahme erfolgen.

Bei der Erfassung von Mängeln ist die Qualität der Informationen eng an die Fachkunde und Erfahrung des Aufnehmenden gebunden. Die vielfältigen Mangelursachen und Ausprägungen führen jedoch dazu, dass selbst bestandserprobte Planer in nahezu jedem Projekt auf neue Probleme stoßen. Auch wenn jedes Projekt speziell ist, sind vergleichbare einzelne Probleme auch schon bei anderen Projekten aufgetreten. Bei der strukturierten Erfassung wäre demnach eine zusätzliche Informationsquelle von Vorteil, die vorhandenes Wissen zum Beispiel aus der Fachliteratur zur Verfügung stellt.

Anleitungen zur Erfassung<sup>168</sup> stehen zumindest in der Literatur zur Verfügung, eine Übertragung auf ein praktikables Aufnahmesystem ist jedoch noch nicht bekannt. Das Ziel eines solchen Systems müsste dabei sein, die Erfasser bei dieser Risikoidentifikation mit einer Struktur, zusätzlichen Informationen zu erkennbaren Mängeln und Hinweisen auf möglicherweise versteckte Mängel zu unterstützen. Im Forschungsprojekt „ZBau Bestandserfassung“ wurden hierzu mögliche Ansatzpunkte konzipiert.<sup>169</sup>

## 6.6 Detaillierung und Unsicherheiten

Bei der Bauaufnahme hat jeder Planer seine eigene Vorgehensweise, die zusätzlich noch an die Anforderungen und Möglichkeiten der Projekte angepasst werden muss. Es ist daher schwierig und unnötig einen fest definierten Satz von Informationen im Rahmen der ersten Erfassungen zu erheben.

In der HOAI ist relativ fest definiert, welche Leistungen und Entscheidungen in welcher Leistungsphase zu erbringen sind. Die aktuelle Detaillierung des Wissens zum Bestand braucht nicht über die jeweiligen Anforderungen zur Detaillierung der Entscheidung hinausgehen, sollte diese aber weitgehend erreichen, um sichere

---

<sup>168</sup> z.B. Neddermann (2007); S. 143 ff.

<sup>169</sup> Donath (2010); S. 19 f.

Entscheidungen treffen zu können. Wenn die Informationen zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht hinreichend vollständig oder exakt sind und die Gefahr einer falschen Entscheidung besteht, die später zu revidieren wäre, ist es sinnvoll diese Entscheidung hinauszuzögern und vorläufig nur auf mögliche Optionen einzuschränken.

Die Bearbeitung erfolgt im Bestand fast immer vom Großen ins Kleine (Top-down). Bei jeder Detaillierung einer vorherigen Betrachtung ist jedoch sicher zu stellen, dass durch die Detaillierung nicht die Vollständigkeit verloren geht. Es muss demnach unterschieden werden, ob eine allgemeine Bewertung zu einer übergeordneten Gruppe mehr Aussagekraft hat als eine detaillierte Bewertung zu einer Stichprobe dieser Gruppe. Wenn eine Verallgemeinerung von neuen Informationen nicht sicher möglich ist, sollten diese Informationen nur der Stichprobe zugeordnet und die allgemeine Bewertung für die übliche Gruppe als Option beibehalten werden.

Auf der Grundlage von anderen Projekten lassen sich für ähnliche Maßnahmen oder Konstruktionen immer Erfahrungswerte heranziehen, die eine vorhandene Unkenntnis im neuen Projekt mit abbilden kann. Bei der zunehmenden Detaillierung muss diese Unkenntnis entweder ausgeschlossen oder deren Anteil der Bewertung beibehalten werden. Zur Vermeidung unnötiger Aufwendungen ist eine verbleibende Unkenntnis zu bestimmten Informationen nicht zwingend problematisch sondern kann auch wirtschaftlich sinnvoll sein. Insbesondere Bauteile, die ihre Funktionstauglichkeit bereits gezeigt haben, benötigen keine Bestimmung der Konstruktion und von Materialeigenschaften, wenn für die zukünftige Nutzung keine Änderungen geplant sind oder Bedenken bestehen.

Der Grad der erforderlichen Detaillierung bestimmt sich so aus der Summe der Maßnahmen, die mit dem jeweiligen Bauteil durchgeführt werden sollen. Indirekt kann dieser Grad daher auch mit der Tragfähigkeit und der Größe des Mangels verbunden werden, da die meisten Maßnahmen auf diesen Punkt zurückgeführt werden können.

Jeder Wert und jede Aussage, die im Rahmen der Bauaufnahme erfasst wird, ist mit einer verbleibenden Unsicherheit belegt. Hierzu gehören Unschärfen aus geometrischen Ermittlungen genauso wie Vagheit und Unkenntnis<sup>170</sup>. Demzufolge

---

<sup>170</sup> siehe hierzu auch Kapitel 5.2

muss bei einer exakten Bewertung der Unsicherheiten auch immer nachgehalten und ausgewertet werden, mit welchem System oder von welchem Erfasser die Ermittlung erfolgte und mit welcher Zuverlässigkeit diese verbunden sind.

Beim BIM wird der Grad der Detaillierung des Gebäudemodells oder einzelner Modellelemente hauptsächlich mit dem Fertigstellungsgrad bzw. dem Level of Development (LOD) angegeben, wobei dieser insbesondere in den ersten Stufen (LOD 100 bis LOD 350) anhand der geometrischen Darstellung und Unterteilung der Elemente festgelegt wird.<sup>171</sup> Relativ unabhängig davon ist in den frühen Planungsstufen der Level of Information (LOI), der Umfang und die Qualität der nicht-grafischen Informationen, die einzelnen Elementen zugeordnet werden können. Bei der Planung von Neubauten läuft die Detaillierung von Informationen parallel zur Detaillierung des Modells, da viele Festlegungen erst im Zuge der Planung getroffen werden. Beim Bauen im Bestand kommt dem LOI jedoch ein deutlich höherer Stellenwert zu, da die Informationen zum Bestand bereits von Anfang an vorhanden und von zentraler Bedeutung für die anstehenden Entscheidungen sind.

---

<sup>171</sup> Egger (2013); S. 101

## 7 Unterstützung nachhaltiger Entscheidungen

### 7.1 Nachhaltigkeit

Eines der stärksten propagierten Ziele beim Bauen und auch in anderen Bereichen der Gesellschaft war in den letzten zehn Jahren die Nachhaltigkeit. Mittlerweile wird dieser Begriff schon inflationär benutzt, reale Veränderungen in Projekten und Objekten sind jedoch mit wenigen Ausnahmen kaum zu spüren. Um den Begriff nicht weiter zu strapazieren, sollen nachfolgend kurz die Inhalte sowie die realen Veränderungen vorgestellt werden.

Das Prinzip des nachhaltigen Handelns wurde vor über 300 Jahren in der Forstwirtschaft definiert und hatte den Zweck, die Ressourcen langfristig nutzen zu können, indem nicht mehr verbraucht wird, als in gleicher Zeit nachwachsen kann.<sup>172</sup> Dieses langfristig sinnvolle Handeln hat, sehr oft aus Mangel an Alternativen, in vielen älteren subsistenzorientierten Wirtschaftsformen schon stattgefunden, wie zum Beispiel in der extensiven Landwirtschaft.

Mit der Industrialisierung wurde mehr und mehr die langfristige Strategie durch ein kurzfristiges Gewinnstreben und die Bevorzugung funktionaler statt ökologischer Eigenschaften ersetzt, was in Verbindung mit der Bevölkerungsexplosion und einem steigendem Ressourcenverbrauch im 20. Jahrhundert zu den anstehenden ökologischen und ökonomischen Problemen geführt hat.

In den 1980er und 1990er Jahren wurden, zum Teil wieder aus Mangel an Alternativen, die Grundsätze des langfristig stabilen Handelns wiederbelebt und der Begriff „Nachhaltigkeit“ deutlich erweitert. Dabei wurden die drei Aspekte Ökonomie, Ökologie und Soziales auf eine Stufe gestellt und Strategien zur gleichmäßigen und langfristigen Entwicklung dieser Aspekte aufgestellt.<sup>173</sup>

Dies bedeutet nicht, dass es vor der Strategie keine Nachhaltigkeit gab und mit der Strategie alles besser ist. Vielmehr wurde die grundlegende Ausrichtung des Handelns und vor allem der Weiterentwicklung festgeschrieben. Die angestrebten Ziele beschreiben jedoch immer nur Schritte auf dem Weg zu nachhaltigem Handeln.

---

<sup>172</sup> vgl. BMUB (2014); S. 5

<sup>173</sup> Bundesregierung (2002); S. 4

Beim nachhaltigen Bauen, das sich aus einer gesellschaftlichen Nachfrage und den politischen Vorgaben entwickelt hat, werden die verschiedenen Kriterien der Strategie als Grundlage genommen und als Anforderungen an die Qualität von Gebäuden gestellt. Der Hauptaspekt liegt hierbei auf der langfristig sinnvollen Entwicklung des gesamten Gebäudebestands.

Kein Gebäude ist komplett nachhaltig, sondern nur in möglichst vielen Nachhaltigkeitskriterien besser als andere Referenzgebäude oder die gesetzlichen Anforderungen. Es werden auch weiterhin mit jedem Neubau nicht erneuerbare Ressourcen verbraucht, weswegen ein als nachhaltig zertifizierter Neubau nicht zwingend besser für die Gesellschaft sein muss als ein saniertes Bestandsobjekt. Der Leitfaden Nachhaltiges Bauen stellt hierzu fest, dass die bestehende Bausubstanz die in ihr vergegenständlichten Ressourcen- und Energieverbräuche repräsentiert und die Verlängerung der Nutzungsdauern ein Weg zur Entlastung der Umwelt und Ressourcenschonung ist.<sup>174</sup>

Die Gütesiegel, die für nachhaltiges Bauen entwickelt wurden, bewerten jedoch auch in Deutschland mit wenigen Ausnahmen Neubauprojekte in Bezug zu anderen Neubauprojekten oder in der Nutzung befindliche Objekte mit einem Benchmark vergleichbarer Objekte.<sup>175</sup> Aktuell ist für Bestandsprojekte als einzige Ausnahme das BNB-Modul Komplettmodernisierung für Bundesbauten entwickelt bzw. aus den Neubauanforderungen angepasst worden<sup>176</sup>. Ergänzend hierzu wird in einem Modellprojekt vom BBSR<sup>177</sup> gerade die Bewertung und Zertifizierung von Umnutzungsprojekten von Nichtwohngebäuden in Variowohnungen gefördert. Hierzu ist in den nächsten Jahren eine Ergänzung des NaWoh-Systems<sup>178</sup> vorgesehen, welches eine Vergleichbarkeit von Bestands- zu Neubauprojekten ermöglicht.

---

<sup>174</sup> BMUB (2014); S. 125

<sup>175</sup> vgl. DGNB (profile)

<sup>176</sup> BMUB (2014); S. 132 ff.

<sup>177</sup> BMUB (vario)

<sup>178</sup> NaWoh (www)



Abbildung 22: BNB-Module hier Komplettmodernisierung<sup>179</sup>

Für das größte Feld der deutschen Bauwirtschaft, Bestandsmaßnahmen im Wohnungsbau, gibt es bislang weder verpflichtende noch freiwillige vergleichbare Systeme. Dieses Paradoxon wird aus Sicht des Verfassers voraussichtlich in den nächsten Jahren behoben, sodass zumindest freiwillige Orientierungshilfen für die Erfüllung nachhaltiger Kriterien vorliegen werden.

Einzelne Aspekte aus dem nachhaltigen Bauen sind für Neubauten und zum Teil auch für Sanierungsmaßnahmen bereits seit Jahren in der Gesetzgebung, in Normen sowie im Stand der Technik verankert. Die Anforderungen der Gütesiegel für eine hohe Bewertung gehen jedoch deutlich über die gesetzlichen Anforderungen hinaus. Dazwischen agiert der Markt, der entweder durch direkte Nutzeranforderungen, Förderanreize oder durch die erwartete Verbesserung einer langfristigen Nutzbarkeit oder Vermietung zusätzliche Aspekte als Zielstellung übernimmt.

Im Kontext der hier untersuchten Methode zur Kosten- und Risikoermittlung lassen sich insbesondere die in den Kapiteln 4.3 Lebenszykluskosten und 4.4 Ökobilanzierung vorgestellten Aspekte der Nachhaltigkeit von Objekten vereinfachen und verbessern. Bei beiden Ermittlungen ist, mit der Betrachtung der

<sup>179</sup> BMUB (2014); S.47

Auswirkungen von verschiedenen Varianten der Sanierung auf den Lebenszyklus, eine wirtschaftliche bzw. ökologische Optimierung möglich<sup>180</sup>.

Wenn man zum Ausgangspunkt der Nachhaltigkeit, dem Ansatz der langfristigen Nutzbarkeit der Ressourcen, zurückkehrt, hat nahezu jede Entscheidung beim Bauen einen Einfluss auf diese Ergebnisse. Die Frage vor jeder Entscheidung sollte sein, mit welcher Sanierungsmaßnahme die angestrebte mittelbare Nutzbarkeit unter Schonung der ökonomischen und ökologischen Ressourcen erreicht wird ohne die langfristige Nutzbarkeit des Objektes einzuschränken.

## 7.2 Grundlagen von Entscheidungen

Von einem Verantwortlichen wird meistens erwartet, dass er objektiv und nachvollziehbar, auf Grundlage verlässlicher Informationen, immer rechtzeitig sowie vor allem die richtigen Entscheidungen trifft und danach zu der Entscheidung und allen daraus folgenden Konsequenzen steht. Diese Anforderung ist in der heutigen Praxis der Planung insbesondere bei komplexen und risikoreichen Projekten, wie dem Bauen im Bestand, kaum zu erfüllen.

Zu einer bewussten und richtigen Entscheidung gehören eine Vielzahl von Vorarbeiten, die als Entscheidungsvorbereitung bezeichnet werden. Hierzu zählen insbesondere:

- das Sammeln von Informationen
- das Aufbereiten der Informationen
- die Bewertung der Informationen
- die Bereitstellung von alternativen Wahlmöglichkeiten
- die Definition von Kriterien zur Entscheidungsfindung
- die Bewertung der Wahlmöglichkeiten anhand der Kriterien

Insbesondere die letzten beiden Punkte wurden in umfangreichen Ausarbeitungen zur Entscheidungstheorie und zu Entscheidungsmodellen<sup>181</sup> untersucht und werden hier nur kurz im Kapitel 7.3 betrachtet. Die Grundlagen von

---

<sup>180</sup> vgl. BMUB (2014); S. 133 ff. und 139 ff.

<sup>181</sup> Eser (2009); S. 25 ff.

Entscheidungen<sup>182</sup> und mögliche methodische Verbesserungen bei besonderen Problemstellungen (z.B. bei Entscheidungen unter Unsicherheiten)<sup>183</sup> werden bereits seit langem in den Wirtschaftswissenschaften untersucht. Die Übertragung dieser Theorien auf Bauprojekte erfolgte bislang jedoch hauptsächlich im Bereich der Immobilienwirtschaft in Kombination mit einer Projektentwicklung oder einem Risikomanagement<sup>184</sup>, weswegen bei weniger professionell organisierten Vorhaben auch heute noch viele Entscheidungen aus der Erfahrung oder einem Gefühl heraus getroffen werden.

Oftmals scheitert der Versuch einer bewussten Entscheidung schon an der Bereitstellung sinnvoller Alternativen oder verlässlicher Informationen. Dabei ist der Informationsgrad einer anstehenden Entscheidung, als Anteil der tatsächlich vorhandenen Informationen von den sachlich notwendigen Informationen,<sup>185</sup> genauso von Bedeutung wie die Qualität der Informationen. Ein geringer Informationsgrad führt dabei zu Entscheidungen unter Unkenntnis und unpräzise Informationen zu einer Entscheidung unter Vagheit und Unschärfe.<sup>186</sup>

Von einer Entscheidung kann immer nur dann gesprochen werden, wenn dem Entscheider eine Wahlmöglichkeit vorliegt, was im Rahmen der Planung oft vernachlässigt wird. Die Variantenuntersuchung und -aufbereitung ist nur in wenigen Fällen eine Grundleistung der HOAI, weswegen der Planer die meisten Entscheidungen bereits trifft und dem Auftraggeber nur die Ergebnisse zur Freigabe vorlegt. Darüber hinaus hat der Entscheidungsfinder bei Bauprojekten oftmals zusätzliche Nachteile gegenüber einem Verantwortlichen, der innerhalb eines Unternehmens Entscheidungen treffen soll. Der Entscheidungsfinder und die Bereitsteller der Informationen arbeiten selten in einem Unternehmen, weswegen die Interessen verschiedener Vertragspartner zu wahren sind.

Zusätzlich haben der Entscheidungsfinder und die Bereitsteller von Informationen oft unterschiedliche fachliche Hintergründe, was erheblich den Informationsgehalt einer Aussage beeinflussen kann. Planer verstehen genauso selten die Ansätze von Investitionsrechnungen wie Wirtschaftler bautechnische Zusammenhänge

---

<sup>182</sup> u.a. Dreger (1970); S. 99 f.

<sup>183</sup> u.a. Gottwald (1990); S. 122 ff.

<sup>184</sup> z.B. Schwarz (2011); S. 3 f.

<sup>185</sup> Dreger (1970); S. 100

<sup>186</sup> siehe hierzu Kapitel 5.2

oder gestalterische Qualitäten erkennen. Zuletzt werden Bauprojekte sehr oft unter hohem Termin- und Kostendruck gestartet, weswegen für die ordentliche Aufbereitung von Entscheidungsgrundlagen die Zeit und Ressourcen fehlen.

Ohne ein spezielles Verfahren werden Entscheidungen meist auf Grundlage weniger Faktoren bzw. Kriterien getroffen, die Entscheidung wird demnach auf einen Abstraktionsgrad vereinfacht, der vom Menschen noch ohne Hilfsmittel zu bewerten ist. Bei dieser Reduzierung und Wichtung werden meistens die subjektiv bevorzugten Kriterien beibehalten oder höher gestuft, weswegen die Nachvollziehbarkeit bei unterschiedlichen Betrachtern nicht mehr gegeben ist. Zusätzlich werden von zahlenaffinen Berufsgruppen auch eher leicht messbare, quantitative Kriterien bevorzugt, Gestaltungsabsichten und beschriebene Qualitäten können aber nur bedingt in Zahlen umgewandelt werden.

Es muss somit insgesamt festgestellt werden, dass die strukturierte Vorbereitung und das bewusste Herbeiführen von Entscheidungen im bislang üblichen Planungsprozess nur bedingt möglich sind und quantitative Kriterien bei Entscheidungen durch einen Auftraggeber, der selten zugleich auch Nutzer ist, oft im Vordergrund stehen.

In der Praxis bedeutet dies, dass vom Planer zur Entscheidung über die Fortführung eines Projektes oder erforderliche Anpassungen nur eine begrenzte Menge von Informationen bereitgestellt werden muss, sofern der Auftraggeber nicht selbst zusätzliche Auswertungen auf Basis von echten Daten durchführen möchte. Die Hauptkriterien des Projektes und deren Zielstellungen sollten in der Grundlagenermittlung, im Vertrag oder schon in der Aufgabenstellung des Planers definiert und möglicherweise objektiv gewichtet werden. Mögliche Alternativen sollten mit ihrem Einfluss auf die Hauptkriterien erläutert oder gegenübergestellt werden.

Wichtig ist bei den Aussagen des Planers, dass die relevanten Informationen hervorgehoben und von ergänzenden Daten getrennt werden. Annahmen und Unsicherheiten sind darzustellen und mit ihrem möglichen Einfluss auf das Gesamtergebnis zu bewerten. Darüber hinaus sollten komplexe Zusammenhänge soweit wie möglich auf allgemein verständliche aber objektiv nachvollziehbare Bewertungen reduziert werden. Hierzu gibt es zum Beispiel im Rahmen der Nachhaltigkeitsbewertungen definierte Methoden, die einen Vergleich von Varianten untereinander oder mit Referenzwerten vereinfachen.

Wenn der Planer als Sachwalter des Auftraggebers Entscheidungen selbst trifft, sind an diese die gleichen Maßstäbe zu setzen wie an Entscheidungen eines fachkundigen Auftraggebers, wobei der Planer einem Haftungsrisiko unterliegt<sup>187</sup>. Besteht die Gefahr, dass der Auftraggeber anders entschieden hätte, sollten solche Entscheidungen zusätzlich abgesichert oder gemeinsam getroffen werden.

### 7.3 Möglichkeiten der Verbesserung

Das Ziel der Verbesserung von Entscheidungsprozessen muss sein, dass zumindest jede Entscheidung bewusst getroffen werden kann. Durch die hohe Komplexität und verbleibende Unsicherheiten ist der Ausschluss von Fehlentscheidungen, die im Nachgang revidiert werden müssen, nicht möglich. Da die Planung selbst ein relativ langwieriger Entscheidungsprozess zur optimalen Lösung der Bauaufgabe ist, können einzelne Festlegungen auch im Nachgang noch angepasst werden.

Der Entscheidungsprozess ist weitgehend vergleichbar mit dem Prozess des Risikomanagements, weswegen eine Unterstützung des Entscheidungsfinders und der Bereitsteller von Informationen in ähnlichem Umfang möglich ist. Die Auswahl der Kriterien, die maßgeblich für das Projekt und den einzelnen Sachverhalt sind, kann durch definierte Methoden und Vorauswahl aus entsprechender Fachliteratur (u.a. zur nachhaltigen Planungsoptimierung von Büroimmobilien)<sup>188</sup> verbessert werden, wobei nichts gegen die subjektive Priorisierung einzelner Kriterien spricht. Die Analyse und Bewertung von Risiken entspricht der Auswahl, Bewertung und Wichtung von Alternativen. Hier können insbesondere die Bewertung quantitativer Kriterien und die Aggregation verschiedener Aspekte innerhalb eines Kriteriums verbessert werden. Die Risikobehandlung entspricht der Entscheidungsfindung und -durchsetzung, wobei

---

<sup>187</sup> vgl. Büchs (2006); S. 9 ff. und 140 ff.

<sup>188</sup> Eser (2009); S. 31 ff.

gerade die Unterstützung von Entscheidungstheorien in der Forschung<sup>189</sup> und anderen Fachbereichen<sup>190</sup> weit verbreitet ist.

Stark vereinfacht könnte man feststellen, dass einzelne offene Entscheidungen und Risiken in einem Bauprojekt nahezu identisch zu behandeln sind. Beide sollten anhand der gleichen Kriterien beurteilt werden, bei beiden sollten alle realistischen Alternativen und Einflüssen auf andere Risiken bzw. Entscheidungen untersucht werden und beide werden meistens auf Grundlage unscharfer Basisdaten bewertet. Der relevante Unterschied ist, dass beim Risiko das eintretende Ereignis durch den Zufall bestimmt wird und nur bedingt beeinflusst werden kann wogegen bei der Entscheidung die bewusste Auswahl der besten Lösung erfolgen sollte. Demzufolge stellt die offene Entscheidung mehr die Chance zur Optimierung dar.

Mit dem Fortschreiten des Planungsprozesses nimmt die Unschärfe der Basisdaten ab, sodass die Unsicherheit von Risiken reduziert und die Sicherheit bei der Bestimmung der besten Lösung von Entscheidungen erhöht wird. Aus diesem Grund ist das Verschieben von Entscheidungen auf einen Zeitpunkt mit höherer Sicherheit ebenfalls eine Möglichkeit der Verbesserung im Entscheidungsprozess. In der Praxis wird dies bislang durch Annahmen und spätere Anpassungen, zum Beispiel bei der Bestimmung von Qualitäten und Materialien, durchgeführt. Hier wird der finale Auswahlprozess zum Teil bis in die Ausführungsphase verschoben, sodass eine Reaktionsmöglichkeit auf Risiken oder Budgetentwicklungen verbleibt.

Das Problem an der Praxis von Annahme und Anpassung ist, dass diese Chancen dem Auftraggeber bislang genauso wenig bekannt gegeben werden wie die Risiken des Projektes. Pauschale Aussagen, dass zum Beispiel durch die Steuerung von Qualitäten noch bestimmte Prozentwerte angepasst werden können sind dabei vergleichbar mit einem pauschalen Ansatz für Unkenntnis.

Ein großes Ziel der Verbesserung und Unterstützung muss daher die Beibehaltung von Optionen unter Präzisierung der Kenntnis über die verbleibende Unschärfe sein. Auf dieser Grundlage ist zumindest eine Bestimmung, im Idealfall eine Optimierung der im Kapitel 2.3 (Abbildung 4) vorgestellten Projektparameter Unsicherheit und Kostenbeeinflussbarkeit möglich.

---

<sup>189</sup> z.B. Schwarz (2011); S. 4 ff.

<sup>190</sup> z.B. Gondring (2007); S. 99

Gegenüber der aktuellen Praxis ist jede Reduzierung des Aufwands zur Vorbereitung von Entscheidungen eine deutliche Verbesserung. Wenn Zuordnungen von Varianten und Ermittlungen zu Einflüssen auf Kriterien händisch erfolgen müssen, ist die umfassende Untersuchung mehrerer echter Varianten vom Planer nicht zu verlangen. In der Praxis zeigt sich dies meist darin, dass gar keine Varianten aufgezeigt werden und nur der Planungsstand abgesegnet werden soll.

Bei klassischen Entscheidungen des Auftraggebers werden zwar Möglichkeiten aber nur selten deren Auswirkungen benannt. Die Beschleunigung von Variantenuntersuchungen verbessert so erheblich eine direkte Einflussnahme des Auftraggebers.

#### **7.4 Simulationen und weitere Auswertungen**

Für die Bewertung eines einzelnen Kriteriums und den Vergleich mit anderen Kriterien ist die Art der Erhebung von entscheidender Bedeutung. Hier wird unterschieden zwischen quantitativen, qualitativen, stochastischen Kriterien und der Fuzzylogik, wobei beim Bauen die meisten Kriterien auf die ersten beiden Arten zurückgeführt werden können.

Während der Vergleich von Varianten innerhalb eines Kriteriums bei beiden Arten leicht und transparent erfolgen kann, ist der Vergleich bzw. die Zusammenfassung zwischen verschiedenen Arten von Kriterien deutlich aufwendiger oder mit Abweichungen durch übermäßige Vereinfachungen behaftet. Anhand von praktischen Beispielen lässt sich dieses Problem am besten verdeutlichen. Wenn für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit eines Objektes nur die Kriterien Herstellkosten, Nutzungskosten, Nutzfläche (jeweils mit Werten) und die Qualität (mit Beschreibung) zu vergleichen sind, lassen sich die besten Varianten u.a. über folgende Verfahren finden:<sup>191</sup>

- einfache Rangvergleichsverfahren (1./2./3. usw.)
- Rangvergleichsverfahren (1./2./3. usw.) mit Wichtung

---

<sup>191</sup> vgl. Schwarz (2011); S. 3 f.

- Verfahren über Zielerreichung des Maximums (in Noten oder %)
- Verfahren über die Erfüllung von unteren/mittleren/oberen Zielwerten

Der Aufwand und die Zuverlässigkeit steigen dabei vom ersten bis zum vierten Verfahren jeweils an. Für die ersten drei Kriterien wäre jedoch auch die Ermittlung von Gesamtkosten je Nutzfläche über eine definierte Nutzungsdauer möglich, was für Wirtschaftler eine deutlich höhere Aussagekraft besitzt. Der Versuch, die Qualität in messbare oder bewertbare Quantitäten wie Nutzungsdauer, Leerstand, Mietspiegel etc. zu überführen, ist dabei legitim aber auch mit Unsicherheiten verbunden.

Die Bewertung der Nachhaltigkeit orientiert sich zum Beispiel bei der DGNB an dem dritten und vierten Verfahren, bei dem zum Teil mehr als 30 Kriterien und deutlich mehr untergeordnete Aspekte mit einer zweistufigen Wichtung zusammengefasst werden zu einem Gesamterfüllungsgrad. Hierbei werden jedoch einzelne Aspekte, die in quantitativer Form vorliegen, zusammengefasst zu Kriterien mit hoher Wichtung wie zum Beispiel bei Lebenszykluskosten oder den Ergebnissen aus Ökobilanzen.<sup>192</sup>

Der Grad der Zusammenfassung von komplexen Systemen sollte sich an den vom Auftraggeber gewünschten Kriterien orientieren und flexibel sein. Für die Wirtschaftlichkeit sind zum Beispiel Angaben von Kosten je Nutzfläche, Arbeitsplatz oder vermietbarer Fläche über bestimmte Zeiträume interessant, die folgende Bestandteile beinhalten sollten:

- Herstellkosten für Investoren mit Verkaufsabsicht
- Herstell- und Instandhaltungskosten für Investoren mit Vermietungsabsicht
- Lebenszykluskosten für Selbstnutzer
- ggf. Rückbaukosten bei befristeten Nutzungen

Für alle Ermittlungen ist anhand der vorherigen Ausführungen zu beachten, dass Ergebnisse nie sicherer als die verbleibende Unschärfe dargestellt werden dürfen, die Unschärfe aber weitestgehend zu reduzieren ist. Hierzu gehört auch die Berücksichtigung von möglichen zeitlichen Entwicklungen u.a. durch Einsatz von dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung<sup>193</sup>.

---

<sup>192</sup> DGNB (NBV15)

<sup>193</sup> vgl. Gondring (2007); S. 72 ff.

Bei komplexen Systemen sind solche Ermittlungen und Angaben bislang kaum möglich. Bei einem Einsatz von IT-gestützten Simulationsverfahren, wie unter Kapitel 5.5 beschrieben, müssen im Nachgang die Ergebnisse von der hohen Abstraktion der Daten auf Informationen zurückgeführt werden, die dem Empfängerhorizont von Planer und Auftraggeber entsprechen.

Hierzu kommen ebenfalls aus der Finanzmathematik verschiedene Methoden zur Bestimmung eines Gesamtrisikos der Investition anhand von einem Erwartungswert, einem erwarteten Risiko, einem unerwarteten Risiko oder einem verbleibenden Restrisiko<sup>194</sup>. Zur Abdeckung von erwarteten Risiken und unerwarteten Risiken wären vom Auftraggeber Liquiditätsreserven (im Budget), Absicherungen oder Steuerungsmöglichkeiten (Chancen von offenen Entscheidungen) vorzusehen, das Restrisiko sollte im Laufe des Projektes auf versicherte Fälle reduziert oder komplett vermieden werden.

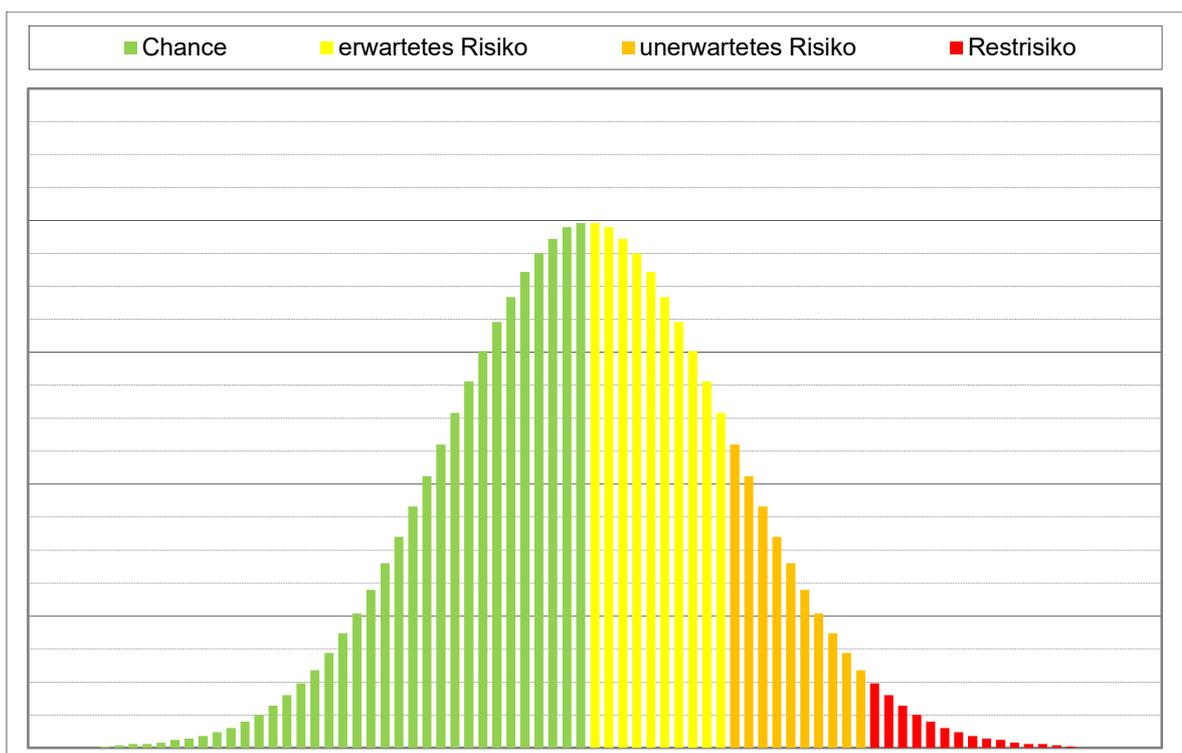


Abbildung 23: Gesamtrisiko unter einer Verteilungskurve nach Gondring<sup>195</sup>

<sup>194</sup> ebenda; S. 17 f.

<sup>195</sup> ebenda; S. 18

## 7.5 Variantenuntersuchungen

Wie bereits bei den Grundlagen von Entscheidungen dargestellt, ist eine echte Entscheidung immer nur zwischen verschiedenen realistischen Alternativen möglich. Bei der üblichen Freigabe einer Planung am Ende einer Leistungsphase bedeutet dies, dass zwischen der Fortführung der vorliegenden Lösung ggf. unter geringen Anpassungen und dem Stopp des Planungsprozesses entschieden werden muss. Entscheidet sich der Auftraggeber für Veränderungen, weil er die Erreichbarkeit von Zielparametern als gefährdet erachtet, müssen zu der vorgelegten Planung Varianten gefunden werden, die eine bessere Erfüllung der Ziele erwarten lassen.

Wenn im Fall von quantitativen Kriterien die Summe der offenen Entscheidungen als Chance ablesbar ist, kann der Grad der möglichen Beeinflussbarkeit direkt aus den Ermittlungen zu den Kriterien entnommen werden. Dies ist jedoch bei klassischen Ermittlungsmethoden nicht gegeben, da Chancen in der Ermittlung von festen Annahmen überdeckt sind. Der normale Weg der Chancenermittlung liegt parallel zur Risikobeurteilung in der Identifikation, der Analyse und Bewertung, was händisch einen großen Aufwand verursacht oder nur wenige verlässliche Chancen ergibt.

An dieser Stelle wird ein erheblicher Vorteil von Simulationsverfahren unter Berücksichtigung von Varianten und Unschärfe gesehen, da die Identifikation und Bewertung der Chancen bereits im Hintergrund erfolgt ist. Bei der Auswertung sind anschließend nur die größten Einzel- oder Klumpenchancen zu selektieren und mit ihren Auswirkungen auf die Projektparameter darzustellen.

Bei einem Bauprojekt werden zwar viele einzelne Entscheidungen zu jedem einzelnen Bauteil getroffen, dabei sind je nach Komplexität des Bestandes aber die meisten Entscheidungen mehrfach und identisch vorhanden. Wenn zum Beispiel in einem Raumbuch bei vielen Räumen die gleichen Anforderungen an Wandoberflächen oder Klimatisierung gestellt werden, resultieren diese aus einer einzigen bewussten Entscheidung, die nur mehreren Räumen zugeordnet wurde. Diese Zuordnung sollte daher in der Planung dokumentiert werden, um die Komplexität einer offenen oder bereits getroffenen Festlegung nachvollziehbar zu machen.

Darüber hinaus können auch ähnliche Varianten bei mehreren unterschiedlichen Entscheidungen vorhanden sein, die nicht zwingend gleich zu treffen sind. Hier werden zum Beispiel in den frühen Leistungsphasen oft Annahmen zu einem durchschnittlichen Ausstattungsstandard getroffen<sup>196</sup>, der dann im Nachgang durch viele einzelne Untersetzungen mehr oder weniger auf die einzelnen Bauteilgruppen übertragen wird. Auch bei der Identifikation solcher Klumpenchancen kann eine Unterstützung durch Verwendung von digitalen Gebäudemodellen erfolgen.

Durch Selektion einer oder mehrerer verbundener Entscheidungen und Ermittlung der Ergebnisse für jede Variante und jedes Kriterium lassen sich die Anforderungen der Entscheidungstheorien weitestgehend erfüllen. Selbst wenn sich aus den unterschiedlichen Optionen verschiedene Verteilungskurven ergeben, die sich aufgrund der Unschärfe ggf. auch überschneiden können, lassen sich daraus durchschnittliche, maximale oder wahrscheinliche Abweichungen ermitteln. Eine höhere Präzision von Aussagen ist bei Entscheidungen unter Unsicherheit unrealistisch.

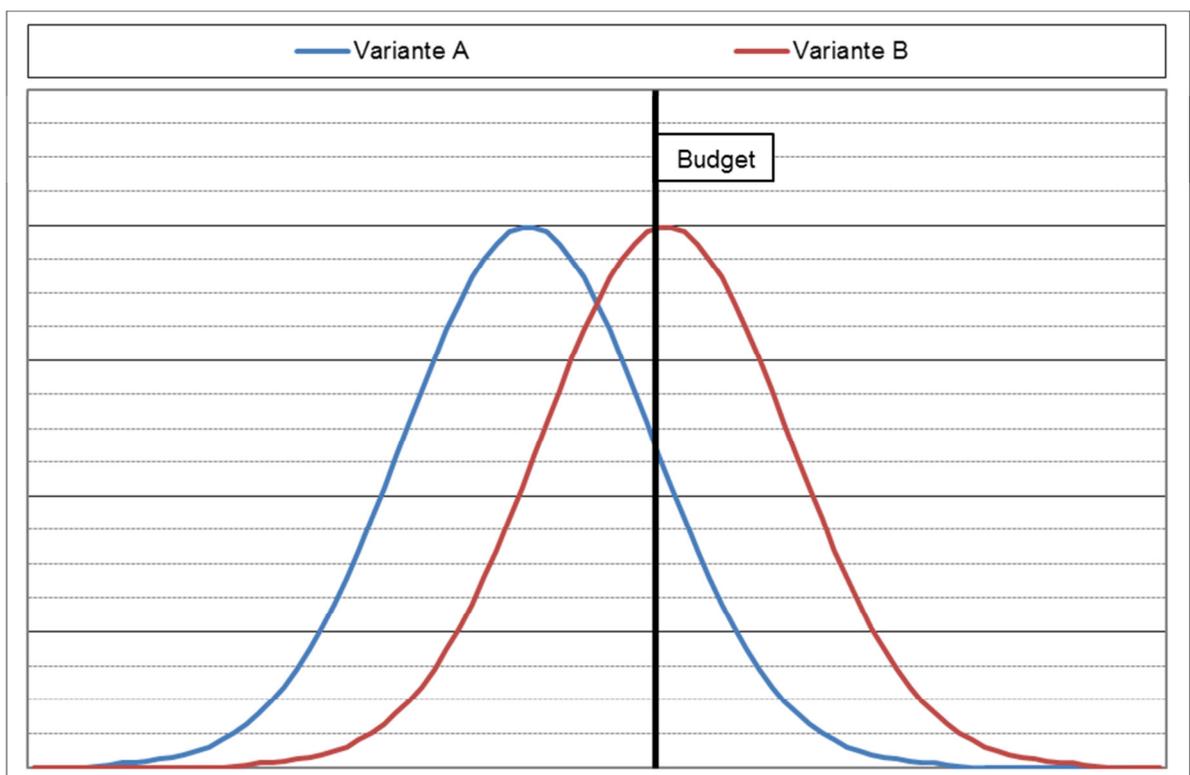


Abbildung 24: Gesamtrisiko unter einer Verteilungskurve von 2 Varianten

<sup>196</sup> vgl. BKI Neubau (2012); z.B. S. 418 – Arbeitsblatt zur Standardeinordnung Mehrfamilienhäuser

## **8 Notwendigkeit von Veränderungen**

### **8.1 Verbesserungen für den Planer**

Die zunehmende Professionalisierung und Präzisierung der Planung, die bei Neubauprojekten aufgrund methodischer Verbesserungen und insbesondere der zunehmenden Verwendung von informationstechnischen Planungshilfen erfolgt, konnte sich beim Bauen im Bestand noch nicht durchsetzen. Das Planen in einem digitalen Gebäudemodell mit echten informationsbehafteten Bauteilen ist aufgrund bestandsspezifischer Anforderungen bislang nicht möglich, weswegen daraus resultierende Vereinfachungen und Präzisierungen z.B. bei Simulationen oder anderen Ermittlungen nicht genutzt werden können.

Darüber hinaus wurden für Bestandsobjekte zwar Werkzeuge zur Präzisierung und Vereinfachung der geometrischen Gebäudeaufnahme entwickelt und in der Praxis etabliert, die Aufnahme der planungsrelevanten Informationen zur Konstruktion, zum Zustand und zu anderen Eigenschaften von Bauteilen wurden dabei aber bislang nicht berücksichtigt.

Mit den Möglichkeiten der Informationstechnologie gerade im Neubaubereich sind aber auch die Anforderungen an die Planer gestiegen. In die DIN 276, die nicht nur für Kostenermittlungen im Neubau maßgeblich ist, wurden zusätzliche Anforderungen aufgenommen, welche unter Einsatz klassischer Methoden nicht zu erreichen sind. Insbesondere die Anforderungen an die Transparenz der Ermittlung und die Bewertung von Risiken sind in der Praxis problematisch. Die zunehmende Datenflut, die zur Erfüllung dieser Anforderungen erforderlich ist, stellt ohne informationstechnische Unterstützung eine nicht zu bewältigende Hürde dar.

Aus Sicht des Verfassers benötigt daher selbst ein bestandserprobter Planer dringend Unterstützung bei der strukturierten Aufnahme und Verwaltung von Bauteilinformationen. Zur Vereinfachung der Bestimmung bei der Aufnahme sollten typische Konstruktionen und Eigenschaften bereits in den Computersystemen vorhanden sein, da die Komplexität und der Umfang von in der Planung erforderlichen Bauteildaten weiter steigen werden. Auch eine Unterstützung bei der Bewertung und Dokumentation von allgemeinen Bauteilzuständen und Mängeln ist notwendig.

Zusätzlich sind für immer wichtiger werdende Beurteilungen von ökologischen Kriterien oder Lebenszykluskosten im Bereich der Neubauplanung komplexe Systeme entwickelt worden. Diese müssten ebenfalls auf bestandsspezifische Anforderungen erweitert werden, um im Bereich von Sanierungsmaßnahmen sinnvoll anwendbar zu sein.

Durch die bislang fehlende Zusammenführung vom Ist des Bestandsobjektes und vom Soll des sanierten Objektes in ein gemeinsames Gebäudemodell, können die Abweichungen zwischen Soll und Ist als Grundlage der Planung von Baumaßnahmen nur manuell und sehr aufwendig ermittelt werden.

Einen zentralen Aspekt bei der Verbesserung des Planungsprozesses stellt der Umgang mit fehlenden und unscharfen Informationen dar, die insbesondere in den frühen Leistungsphasen einen großen Einfluss auf Ergebnisse von Ermittlungen haben. Im fortschreitenden Planungsprozess nehmen Kostenbeeinflussbarkeit und Unsicherheit üblicherweise ab. Für die bessere Steuerung dieses Prozesses und die Vermeidung von zu späten oder zu voreiligen Festlegungen sollten diese beiden Parameter berücksichtigt und ggf. optimiert werden.

Der rechtzeitige Hinweis auf offene Fragen und die Identifikation von bereits bekannten Varianten zur Lösungsfindung sind weitere Aspekte, die bei einer Planungsunterstützung zu beachten sind. Die daran anschließende Bewertung von Varianten sollte besonders für komplexe Kriterien vereinfacht werden, um mehr Varianten untersuchen zu können und bewusste Entscheidungen zu fördern.

Eine angestrebte Transparenz in Kostenermittlungen und anderen quantitativen Bewertungen sollte dem Planer ebenfalls helfen, da einzelne Risiken und Einflüsse aus noch offenen und bereits getroffenen Entscheidungen des Auftraggebers nachvollziehbar sind und bleiben. Begründungen für Abweichungen von älteren Ermittlungen sind so dokumentiert und die Korrektur von Abweichungen bei Zielkriterien kann durch eine vereinfachte Ermittlung und Bewertung von Alternativen erfolgen.

Beim Bauen im Bestand sind somit sehr viele Anforderungen an eine verbesserte Unterstützung des Planungsprozesses und eine Entlastung des Planers von händischen und umfangreichen Arbeiten vorhanden.

## 8.2 Verbesserungen für den Auftraggeber

Während der Planer mit den erhöhten Anforderungen beim Planen und Bauen im Bestand hauptsächlich im Projekt umgehen muss, hat der Auftraggeber auch nach Abschluss eines Projektes mit dem Ergebnis zu tun. Die fehlenden Möglichkeiten zur Erreichung eines hohen Grades an Optimierungen oder die oft unerwartet hohen Aufwendungen führen dazu, dass Bestandsprojekte für einen Investor mit hohen Risiken verbunden sind.

Die Schärfung dieses Risikobewusstseins im Projekt und die Bereitstellung von Werkzeugen zur Ermittlung, Bewertung und Aggregation von Risiken sind zentrale Punkte erforderlicher Verbesserungen. Dass mit einem Bestandsprojekt immer Risiken und Unsicherheiten verbunden sind, liegt in ihrer Natur und kann toleriert werden, sofern diese bekannt sind. Die pauschale Angabe von gefühlten oder in anderen Projekten erlebten Unsicherheiten muss jedoch vermieden werden.

Im Gegenzug zu den wenig beeinflussbaren Risiken sollten auch Chancen im Projekt identifiziert und genutzt werden. Hierfür müssen dem Entscheidungsfinder aber deutlich häufiger und deutlich bessere Informationen zu Varianten bereitgestellt werden, damit jeweils die beste Lösung ausgewählt werden kann. Bislang werden Festlegungen oftmals ohne Kenntnis der Auswirkungen auf die Zielkriterien getroffen oder sogar nur als Annahmen festgesetzt, die im Laufe des Planungsprozesses noch einmal revidiert oder beibehalten werden. Diese Praxis resultiert in weiten Teilen aus fehlenden Möglichkeiten zum Umgang mit großen und komplexen Datenmengen, sodass ein Ansatzpunkt zur Verbesserung der Entscheidungsfindung bereits die Datenhaltung und Auswertung ist. Der zweite wichtige Aspekt ist der gezieltere Umgang mit Entscheidungen, der vom Auftraggeber durch Festlegung von Zielkriterien und die Auswahl von Entscheidungsfindungsmethoden angegangen werden kann.

Die zunehmende Ausrichtung der Gesellschaft und der Immobilienwirtschaft auf langfristig sinnvolles Handeln bringt neue Kriterien und höhere Anforderungen mit in den Entscheidungsprozess. Auf die zusätzlichen Bewertungen sind aber weder Planer noch deren Systeme vorbereitet, sodass eine echte Optimierung des Gebäudes unter diesen Aspekten kaum stattfinden kann. Auch die Auslagerung dieser Untersuchungen an externe Dienstleister bringt, zumindest bei einmaligen Bewertungen, keine Optimierung sondern lediglich eine Aussage zum aktuellen

Planungsstand. Für die Verlässlichkeit von Nachhaltigkeitsbewertungen bei Bestandsentwicklungen ist daher zwingend eine systematische Integration in den Planungsprozess erforderlich. Hierbei sind sowohl Aussagen zu Verbesserungen zwischen dem Soll und dem Ist als auch zwischen verschiedenen Varianten des Solls anzustreben.

Da der Planer aus verständlichen Gründen selten mehr Leistung erbringt, als ihm vergütet wird, ist der Grad der Unsicherheit zu einem bestimmten Zeitpunkt des Projektes meistens an die bis dahin beauftragten Leistungen zur Bestandserfassung gekoppelt. In der gängigen Praxis ist der Mehrwert einer zusätzlichen Maßnahme jedoch nur schwer zu bestimmen, weswegen sich der Auftraggeber zurückhält, weitere Mittel bereitzustellen. Zur gezielten Reduzierung von Unsicherheiten ist eine transparente Angabe zum Stand der Bauaufnahme und möglichen Vorteilen weiterer Informationsverdichtungen erforderlich. Gleiches kann auch für den Stand der Planung in Frage kommen, wenn die Zielerreichung fraglich ist und zusätzliche Alternativen oder größere Umplanungen erforderlich werden. Das bewusste Einleiten solcher zusätzlicher Maßnahmen stellt dabei nicht immer zusätzliche Aufwendungen im Projekt dar, da ohne rechtzeitige Einleitung die gleichen oder noch größere Aufwendungen später im Projekt ohnehin anfallen könnten.

Der aus Sicht des Verfassers wichtigste Ansatz zur Verbesserung muss die Erhöhung der Präzision von Aussagen und anderen Informationen sein. Gerade unter Unsicherheit stellen viele Ergebnisse von Ermittlungen nur eine mögliche Ausprägung des Ergebnisses dar. Die Unschärfe der Basisdaten, die ggf. noch vorhandene Unkenntnis und die Vagheit von Informationen machen viele andere Ergebnisse genauso wahrscheinlich, weswegen immer eine Aussage zur Sicherheit des Ergebnisses erforderlich ist. Solche Aussagen sind jedoch mit klassischen Ermittlungsmethoden nicht transparent zu treffen, weswegen sowohl die Methoden als auch die daraus resultierenden Aussagen zu prüfen und im Sinne einer höheren Präzision der Information weiterzuentwickeln sind.

### 8.3 Umfang der Veränderungen

Die hier aufgezeigten Notwendigkeiten für Verbesserungen erstrecken sich auf einen weiten Teil der Bauaufnahme und Planung in Bestandsprojekten. Sie scheinen aus Sicht des Verfassers durch kleine Verbesserungen in bestehenden Systemen oder zusätzliche Werkzeuge kaum erreichbar zu sein. Vielmehr ist ähnlich der Einführung des Building Information Modeling beim Neubau eine umfassende Änderung der Planungsmethode bei Bestandsprojekten erforderlich.

Das Bauen im Bestand ist jedoch mit einem Anteil von knapp 7% an der gesamten deutschen Volkswirtschaft ein viel zu großer Bereich, um solche Probleme nicht gezielt zu bearbeiten. Die steigenden gesellschaftlichen und politischen Anforderungen an die Nutzung und Optimierung von Bestandsobjekten setzen Planer und Auftraggeber zunehmend unter Druck.

Unter der Berücksichtigung dieser Größenordnungen bekommen mögliche Verbesserungen neben dem privatwirtschaftlichen Vorteil der direkt Beteiligten auch ein gesamtwirtschaftliches Interesse. Dieses nimmt deutlich zu, wenn in einem Teilbereich der Bestandsprojekte durch die Unterstützung und Professionalisierung des Planungsprozesses nachteilige Auswirkungen aus bislang eingeschränkten Möglichkeiten der Steuerung reduziert werden können, wie zum Beispiel:

- Mehraufwendungen durch einen verspäteten Abbruch unwirtschaftlicher Sanierungsprojekte
- Mehraufwendungen beim Planen durch zu spät erkannte Risiken
- Mehraufwendungen und Stillstände beim Bauen durch zu spät erkannte Risiken
- erhöhter Ressourcenverbrauch durch fehlende Berücksichtigung von langfristigen Kriterien bei Entscheidungen

Auch die dokumentierte Konzeption und prototypische Umsetzung im Rahmen des Forschungsprojektes „ZBau Bestandserfassung“ hat nur die grundlegenden Anforderungen und Möglichkeiten eines optimierten Systems für das Planen im Bestand beleuchtet. Dabei hat sich an vielen Punkten ergeben, dass die Anforderungen in Bestandsprojekten erheblich von denen im Neubau abweichen

und deswegen auch erhebliche Anpassungen an Methoden und Systemen erforderlich wären, um diese Anforderungen zu erfüllen.



## **C Konzeption**

## **9 Anforderungen an das System**

### **9.1 Überblick**

Der Ansatz der nachfolgend vorgestellten Konzeption ist nicht, mit einer einzelnen angepassten Methode oder einem kleinen Programm einen leicht erreichbaren Vorteil in einem Teilgebiet zu erzielen. Vielmehr ist das Ziel, mehrere Anforderungen an die Optimierung des Planungsprozesses zu bündeln und einen gemeinsamen strategischen Ansatz für diese Probleme bei Bestandsprojekten zu finden.

Die Verbesserung des gesamten Planungsprozesses ergibt sich hauptsächlich durch geänderte Arbeitsmethoden der Planer, die zum einen Aufwände bei unnötigen manuellen Vorgängen vermeiden und die gesparten Ressourcen in zusätzliche Optimierungen der Planung investieren. Grundlage dieser geänderten Methoden kann nur ein umfassendes informationstechnisches Planungssystem für Bestandsprojekte sein, das im Nachgang verkürzt als „System“ bezeichnet wird. Wenn sowohl das System als auch die Arbeitsmethoden der Planer gemeint sind, wird von der „Konzeption“ gesprochen.

Grundlegende Ansätze des Building Information Modeling werden bei dieser Konzeption übernommen und an die zusätzlichen Anforderungen aus dem Bauen im Bestand angepasst. Diese Erweiterungen betreffen zum einen den Aufbau von Modellen, die Verwaltung von Modellen und die Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe von Daten bzw. Informationen.

Die erforderlichen Anpassungen bei den Arbeitsmethoden der Planer und auch die Auswirkungen bei den übrigen Projektbeteiligten werden im Kapitel 12 erläutert. Vorher müssen jedoch als Basis dazu der Aufbau und die Möglichkeiten des Systems vorgestellt werden, was in den Kapiteln 9 bis 11 erfolgt.

Im Kapitel 9.2 wird die Konzeption insgesamt erläutert. Die verschiedenen Einsatzgebiete des Systems werden im Kapitel 9.3 angerissen und anschließend nur weiter erläutert, wenn es für das zentrale Thema der Arbeit erforderlich ist. Allgemeine Anforderungen an das Gebäudemodell sowie grundlegende technische Aspekte sollen vorab in den Kapiteln 9.4 und 9.5 definiert werden. Darüber hinaus gehende Ergebnisse zu anderen Arbeitspaketen aus dem

Forschungsprojekt „ZBau Bestandserfassung“ werden hier nur erwähnt und können im Abschlussbericht<sup>197</sup> eingesehen werden.

Das für die Konzeption erforderliche erweiterte Gebäudemodell wird im Kapitel 10 detailliert vorgestellt. Der darauf aufbauende Kern der Arbeit, die Bewertung von Kosten und Risiken bei Sanierungsprojekten sowie zusätzliche neue Auswertungsmöglichkeiten, werden im Kapitel 11 erläutert.

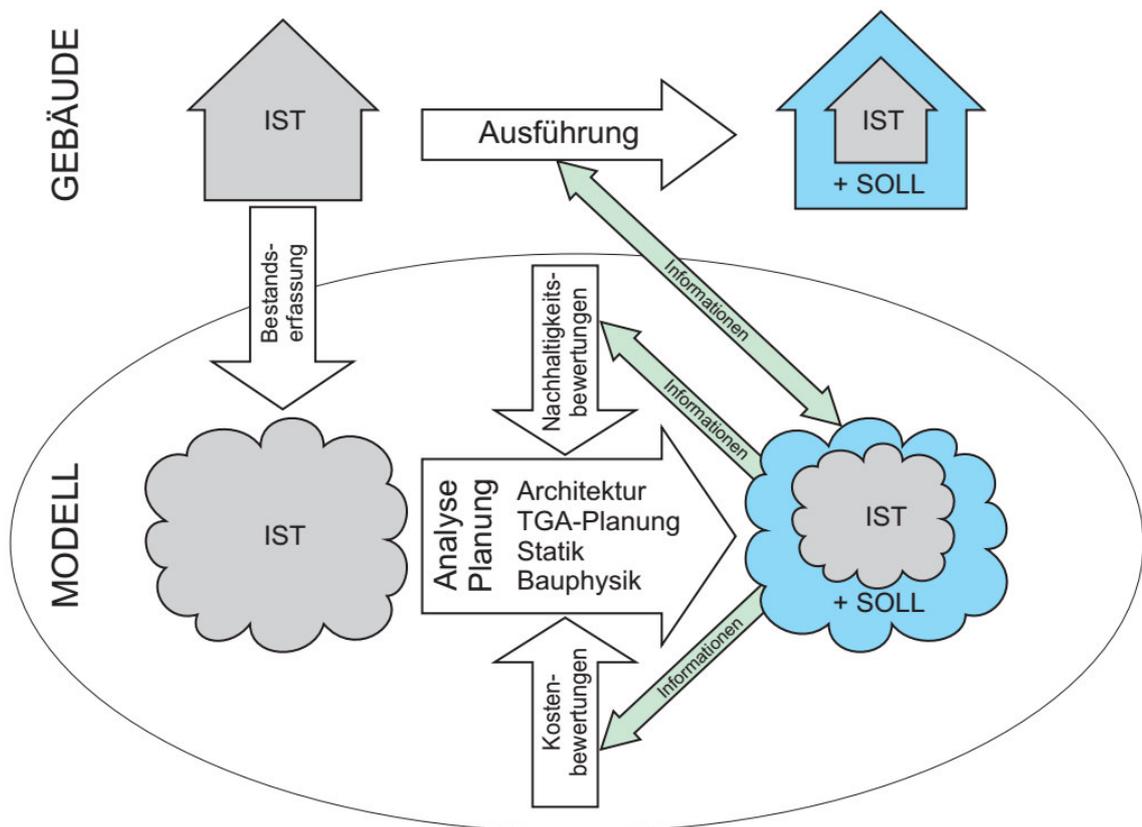


Abbildung 25: Konzept Erweiterung BIM auf Bestandsprojekte

## 9.2 Allgemeine Anforderungen

Die zusätzlichen Anforderungen an das Building Information Modeling beim Planen im Bestand lassen sich aus Sicht des Verfassers auf wenige grundlegende Punkte zusammen fassen, für die in der nachfolgenden Konzeption Lösungsansätze bereitgestellt werden sollen.

<sup>197</sup> Donath (2010)

1. Neben dem Soll muss zwingend das Ist im System mit abgebildet werden. Hieraus folgt, dass entweder zwei miteinander verbundene Gebäudemodelle oder zumindest mehrere verschiedene Zustände einzelner Bauteile innerhalb eines Gebäudemodells darstellbar sein müssen.
2. Für das Soll und das Ist müssen unterschiedliche Ausprägungen oder Varianten im Modell abgebildet werden können, um Unkenntnis, Unschärfe und Vagheit zu bestimmen.
3. So lange eine Entscheidung nicht getroffen wurde oder eine Information nicht vorliegt, muss dies im Gebäudemodell als Risiko erkennbar sein.
4. Das Modell muss im gesamten Lebenszyklus des Objektes nutzbar sein und sich mit dem Objekt weiter entwickeln können.
5. Zwischen verschiedenen Varianten des Modells sowie zwischen Soll und Ist müssen vergleichende Auswertungen möglich sein.

Diese Anforderungen erweitern die Methode BIM hauptsächlich in zwei Richtungen, die aus dem realen Objekt bzw. dem ursprünglichen Planungsprozess entnommen sind. Zum einen wird die Zeit als gesamter Lebenszyklus mit in das Modell aufgenommen, was deutlich über die bisherigen Ansätze eines 4D-BIM als Bauablaufanimation<sup>198</sup> hinausgeht. Zum anderen müssen die Illusion der absoluten Präzision und des absoluten Wissens verlassen und ungenaue oder parallele Zustände ermöglicht werden.

Bei der Modellbildung wird üblicherweise eine Vereinheitlichung und Vereinfachung angestrebt, um den Aufwand zu begrenzen. Der Mehraufwand durch die zusätzlichen Anforderungen muss für den Planer durch gleichzeitige Vereinfachungen an anderer Stelle wieder ausgeglichen werden. Das Ziel der verbesserten Datenhaltung und -nutzung im System lässt sich auf einige wesentliche Fragen reduzieren, die in den Kapiteln 10 und 11 beantwortet werden sollen.

- Wie können Informationen unterschiedlicher Art und Qualität in einem Modell zusammengeführt werden? (Kapitel 10.1)
- Wie lassen sich Informationen aus Soll und Ist in einem Modell abbilden? (Kapitel 10.2)

---

<sup>198</sup> Borrmann (2015); S. 581

- Wie können ungenaue Daten oder Informationen mit der erforderlichen Präzision aufgenommen werden? (Kapitel 10.3)
- Wie können Informationen im Planungsprozess schrittweise nachverdichtet werden? (Kapitel 10.4)
- Wie lassen sich Informationen während des gesamten Projektes und darüber hinaus halten, verdichten und nutzen? (Kapitel 10.5)
- Wie können unsichere Informationen überhaupt zusammengefasst und ausgewertet werden? (Kapitel 11.1)
- Welche Aussagen lassen sich aus diesen Auswertungen gewinnen? (Kapitel 11.2)
- Wie zuverlässig und präzise sind die Ergebnisse der Auswertungen? (Kapitel 11.3)
- Welche zusätzlichen Auswertungen lassen sich mit den vorhandenen Informationen erzielen? (Kapitel 11.4)
- Wie sollten die Ergebnisse dem Auftraggeber zur Entscheidungsfindung übergeben werden? (Kapitel 11.5)

### **9.3 Einsatzgebiete**

Es wurde bereits erläutert, dass nur durch eine konsequente Datenhaltung die zusätzlichen Potentiale des Systems ausgeschöpft werden können. Demzufolge müssen in den meisten Arbeitsbereichen von Planern Module vorhanden sein, die einen Zugriff auf das Gebäudemodell zur Dateneingabe, -pflege oder -auswertung ermöglichen. Nachfolgend sollen diese Arbeitsbereiche und Anforderungen an die Module beschrieben werden. Die Reihenfolge orientiert sich dabei an den Abläufen in einem üblichen Bestandsprojekt. Module, die im Rahmen des Forschungsprojektes „ZBau Bestandserfassung“ definiert wurden, werden dabei als Beispiele für eine mögliche Umsetzung vorgestellt.

Da für die meisten Bestandsobjekte noch keine digitalen Gebäudemodelle vorliegen, ist der erste wichtige Schritt die Erfassung der Gebäudestrukturen. Im Forschungsprojekt „ZBau Bestandserfassung“ wurde für die Erstbegehung eines Objektes wurde ein Modul entworfen und prototypisch umgesetzt, in dem schnell

ein Gebäudemodell angelegt und mit den ersten Informationen angereichert werden konnte. Der Sinn dieser Unterstützung bei der ersten Begehung ist, dass dort meistens grundlegende Informationen aufgenommen werden, die schnell zu ersten Entscheidungen führen. Wenn diese Informationen dauerhaft erhalten bleiben sollen, müssen sie von Anfang an mit der dazugehörigen Struktur im Gebäudemodell verknüpft werden.

Im Gegensatz zur üblichen geometrischen Bestandserfassung soll bei dieser Erstbegehung der Vorrang auf die Gebäudestruktur und qualitative Informationen gelegt werden. Hierzu wurde ein Modul entwickelt, das digitale Skizzen interpretiert und automatisch in ein Gebäudemodell überführen kann. Die Eingabe soll sich dabei an der üblichen Skizzierung auf Papier orientieren, kann aber nachträglich angepasst und mit verschiedenen Daten (Zahlen, Text, Sprache, Bilder) angereichert werden.<sup>199</sup>

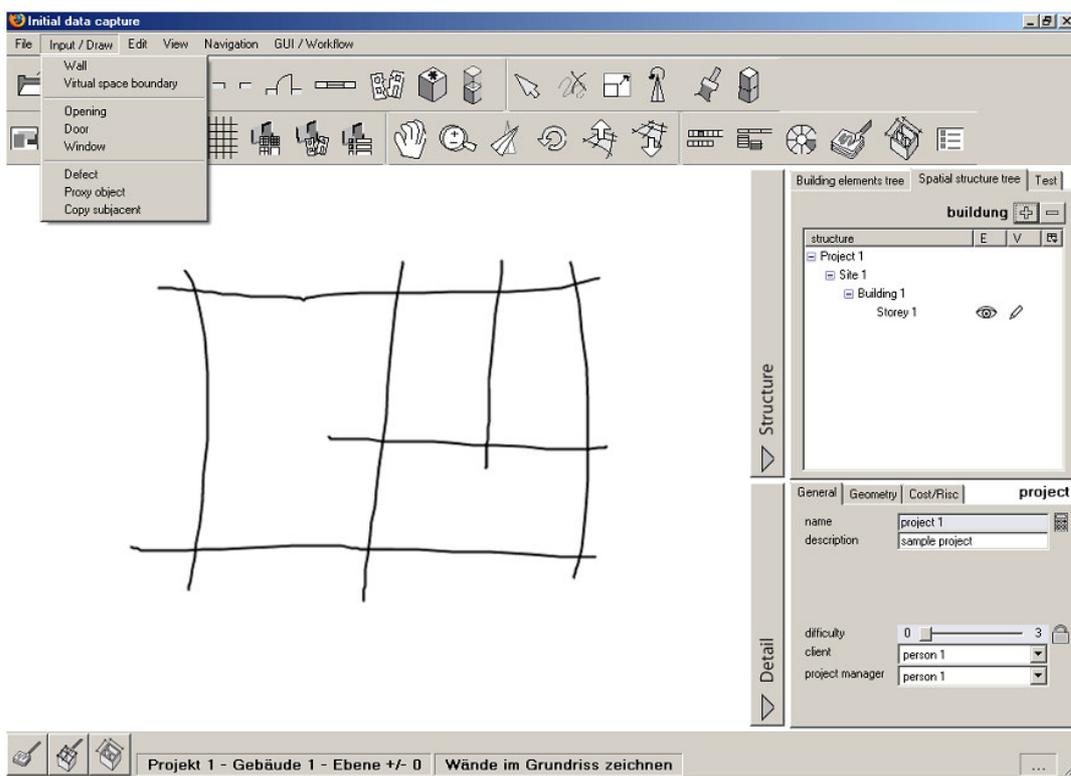


Abbildung 26: Beispiel „ZBau Bestandserfassung“ – Konzept Benutzeroberfläche zum Erfassungsmodul

Nur durch eine komplette Erstbegehung und Erfassung im System ist die Vollständigkeit des Raum- und Bauteilmodells gewährleistet. Das alternativ oft durchgeführte Nachzeichnen von alten Plänen sollte zumindest vor Ort verifiziert

<sup>199</sup> Donath (2010); S. 30 ff. und Anlage B

werden, da diese oft dem letzten Bauantrag aber, aufgrund von Änderungen in der Bauphase oder nachträglichen Anpassungen, nicht immer dem aktuellen Bautenstand entsprechen.<sup>200</sup>

Bei der Erfassung muss jedes angelegte Bauteil, jedes Maß und jede Information mit dem aktuellen Bearbeiter und mit der Art der Aufnahme verknüpft werden, sodass z.B. die Präzision von einzelnen Maßangaben (Schätzung, Messung mittels Disto, etc.) berücksichtigt werden kann. Darüber hinaus müssen Informationen (wie Bewertungen zum Zustand oder zu Konstruktionen) nach der Zuordnung im Gebäudemodell klassifiziert werden, indem Bauteile mit einer direkten Zuordnung eine höhere Sicherheit erhalten als Bauteile, deren Informationen nur über das Geschoss oder eine Bauteilgruppe zugeordnet bzw. vererbt wurden.

Als zweites Modul ist zum Abschluss der Erstbegehung (bzw. der Grundlagenermittlung) eine Unterstützung bei der Einordnung des Projektes und der Ermittlung eines Kostenrahmens erforderlich. Zu diesem Zeitpunkt ist zwar das Ist im Projekt berücksichtigt, zum Soll sind jedoch noch kaum Angaben vorhanden. Für eine erste überschlägliche Ermittlung von Projektkennzahlen (z.B. einen Kostenrahmen) könnten allgemeine Ansätze aus der Festlegung einer Projektart (Instandsetzung, Teilmodernisierung, Umnutzung, etc.) und einer angestrebten Ausstattungsqualität herangezogen werden. Hierbei sind jedoch mit einem steigenden Maß an Umplanungen noch erhebliche Unsicherheiten zu erwarten (siehe Kapitel 11).

Das nächste Einsatzgebiet des Systems ist die nachträgliche Informationssammlung und -anreicherung im Laufe der nächsten Planungsphasen. Hierzu müssen die bereits vorhandenen Informationen im Aufnahmesystem verfügbar und dargestellt sein, um Doppelbearbeitungen zu vermeiden. Das bereits angelegte Gebäudemodell vereinfacht mit seiner Raumstruktur die Orientierung und führt den Erfasser zielgerichtet zu Bauteilen mit erforderlicher Informationsergänzung. Hierzu können Informationen zum Zustand oder anderen Risiken z.B. über farbliche Hervorhebungen kenntlich gemacht werden.

---

<sup>200</sup> vgl. Donath (2010); S. 40

Die ergänzende geometrische Erfassung erfolgt ebenfalls im vorhandenen Gebäudemodell. Hierzu gibt es beispielsweise umfangreiche Vorarbeiten aus anderen Forschungsprojekten an der Bauhaus-Universität Weimar<sup>201</sup>, in denen die Ausgleichung verschieden erfasster, sich zum Teil widersprechender, Maßangaben berücksichtigt wird und so aus einer Menge von unscharfen Daten schrittweise ein realistisches Modell ermittelt wird<sup>202</sup>.

Neben der rückwärtsorientierten Erfassung des Ist-Zustands muss auch ein Einsatz des Gebäudemodells in der Planung des Solls möglich sein. Diese Punkte wurden im Rahmen des Forschungsprojektes nicht genauer untersucht und sollen auch hier nur angeschnitten werden. In den ersten Schritten könnte diese Präzisierung der Entwurfsideen ebenfalls skizzenorientiert oder semantisch erfolgen, was der ursprünglichen Arbeitsweise eines Architekten näher kommt.

Der Einsatz von präzisen ggf. 3-dimensionalen Geometriemodellen ist erst im Anschluss erforderlich und könnte in deutlich erweiterten BIM-Planungsprogrammen erfolgen. Wichtig ist bei der Planung, dass Änderungen immer ausgehend vom Ist-Gebäudemodell abgebildet werden oder zwei im Bestand verknüpfte Modelle parallel als Soll und Ist vorhanden sind.

Mit diesen neu zu schaffenden oder zu erweiternden Planungssystemen müssen folgende Fälle zwingend eindeutig darstellbar sein:

- wenn ein Bestands-Bauteil entfernt wird, müssen der Abbruch und erforderliche Anpassungen am Bestand berücksichtigt werden
- wenn ein Bauteil ergänzt wird, muss dies als zusätzliches Bauteil mit Einflüssen auf Bestandsbauteile erkennbar sein (inkl. Hinweise auf erforderliche statische Ertüchtigungen etc.)
- wenn ein Bauteil im Soll verschoben wird, muss der Abbruch und Neubau berücksichtigt werden

Die Integration des Basiswissens muss in den einzelnen Aufnahme- und Planungs-Modulen erfolgen, wobei hier die Verwendung allgemein verfügbarer bzw. standardisierter Informationen bevorzugt werden soll. So sind bereits umfangreiche Sammlungen und Datenbanken zu Materialeigenschaften oder zu

---

<sup>201</sup> vgl. Thurow (2004)

<sup>202</sup> Donath (2010); S. 24

ökologischen Auswirkungen<sup>203</sup> von typischen Bauprodukten öffentlich verfügbar. Die Vorauswahl und Zuordnung kann über Suchfunktionen oder definierte, häufig vorkommende Konstruktionen erfolgen. Im Gebäude mehrfach vorkommende Bauteile können ihre Informationen auch durch Referenzieren auf Musterbauteile erhalten.

Für den großen Bereich der Datennutzung und -auswertung wurden durch den Verfasser zwei Anwendungsfälle genauer untersucht. Zum einen müssen, wie oben bereits beschrieben, nach Abschluss der Erstbegehung und bei einzelnen Planungsschritten ausführliche Auswertungen durchgeführt werden, um Entscheidungen zu unterstützen (siehe hierzu Kapitel 11). Zum anderen muss der Nutzer bereits während der Erstbegehung und anderen Bauaufnahmen anhand projektspezifischer Auswertungen bei der Erfassung der wichtigsten noch fehlenden Informationen unterstützt werden.

Dieser Punkt der Risikoidentifikation und -analyse beruht auf der Integration von Fachwissen und Erfahrungen aus anderen Projekten zu bestimmten Konstruktionen sowie einer kontinuierlichen Analyse von Unsicherheiten im aktuellen Datenstand. Die Unterstützung der Identifikation kann kontextbezogen bereits während der Eingabe erfolgen, wobei dies durch Hinweise auf z.B. häufig auftretende Mängel erfolgen kann oder durch das automatische Anlegen solcher Mängel im Gebäudemodell, wenn diese kaum auszuschließen sind. So kann z.B. bei der Aufnahme einer Außenwand aus Fachwerk oder dünnem Mauerwerk zum einen auf möglichen Schimmelbefall in kritischen Bereichen hingewiesen werden und zum anderen ein funktionaler Mangel zur Erfüllung der EnEV-Anforderungen oder der thermischen Behaglichkeit angelegt werden.

Die weitere Identifikation und Analyse kann durch den Abgleich zwischen verschiedenen Varianten von möglichen Mangelbeseitigungen oder geplanten Ausführungen sowie durch die Untersuchung der vorhandenen Informationen hinsichtlich Unschärfe und Vagheit (z.B. bei der Übernahme von Informationen anderer Bauteile im Vergleich zur direkten Bestimmung) erfolgen. Hierbei ist neben der Analyse einzelner Risiken auch die Ermittlung von Klumpenrisiken vorzusehen (z.B. alle Fenster sind noch ohne Angabe von Konstruktion oder Zustand im Modell vorhanden).

---

<sup>203</sup> z.B. BMUB (ökobaudat)

Ein weiterer Einsatz des Gebäudemodells ist im Bereich der Vorbereitung und Durchführung der Bauleistungen zu sehen, wo geometrische Informationen für die Mengenermittlung und die vorgesehenen Maßnahmen bzw. Varianten zur Mangelbeseitigung für die LV-Erstellung und Prüfung auf Vollständigkeit verwendet werden können. Hierzu gibt es bereits Systeme (z.B. iTWO von RIB), die eine Durchgängigkeit der Bearbeitung von der letzten Kostenberechnung über die Ausschreibung und Vergabe bis zur Abrechnung und Kostenfeststellung ermöglichen. Hier wäre zu prüfen, inwieweit diese Systeme an die zusätzlichen Anforderungen aus dem erweiterten Gebäudemodell angepasst werden können oder zumindest in Bereichen Alternativen erforderlich werden.

#### **9.4 Anforderungen an die Modellverwaltung**

Um die verschiedenen Einsatzgebiete des Gebäudemodells zu gewährleisten, ist der übliche Datenaustausch mittels Weitergabe des kompletten Modells nicht durchgängig möglich. Hierzu müsste entweder ein durchgängiges bzw. mehrere Systeme geschaffen werden, die alle Daten des Modells unterstützen können.

Die erwartete Weiterentwicklung des BIM zu einem offenen Datenaustausch und einer Cloud-basierten Modellverwaltung ermöglichen diese Anforderungen. Inwieweit und vor allem wann sich diese Weiterentwicklung auf dem Markt etabliert, ist aktuell noch nicht absehbar.

Erste Ansätze hierzu wurden bereits entwickelt und z.B. im Forschungsprojekt „ZBau Bestandserfassung“ maßgeblich von Thurow umgesetzt. Das Konzept eines durchgängigen Modellverwaltungstools im Hintergrund (auch als Middleware bezeichnet) sowie der Austausch mit verschiedenen BIM-Applikationen bzw. Modulen wurden anschließend in einem Arbeitspapier zusammengefasst und veröffentlicht<sup>204</sup>.

---

<sup>204</sup> Donath (2011); S. 4 ff.

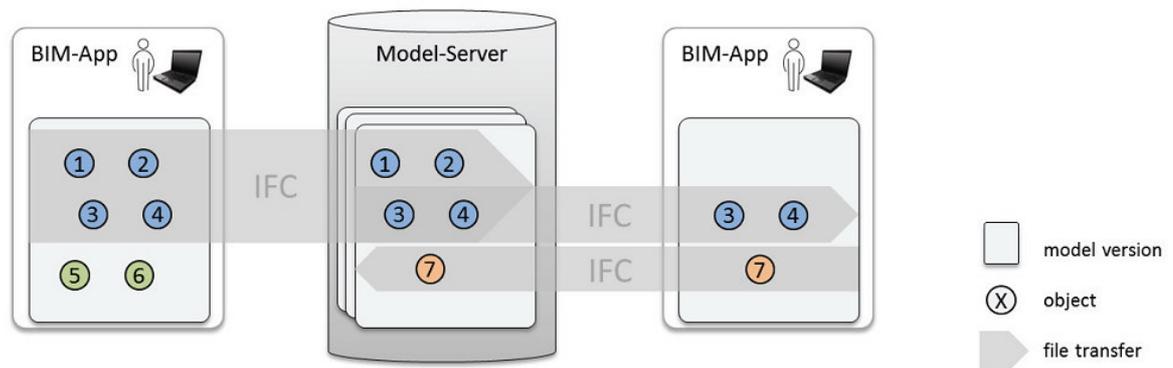


Abbildung 27: Austausch zwischen Modellverwaltung und Applikationen<sup>205</sup>

Im Model-Server werden die Daten aus verschiedenen Modulen zusammengeführt, auf Konsistenz geprüft und zur weiteren Bearbeitung bereitgestellt. Der Datenaustausch zwischen den verschiedenen Modulen erfolgt dabei nur in dem Umfang, wie ein Modul tatsächlich neue bzw. geänderte Daten benötigt oder bereitstellen kann. Ein standardisierter Austausch von Daten wie über IFC-Klassen oder noch zu entwickelnde ISO-Standards<sup>206</sup> wäre dabei zu bevorzugen, ist aber noch nicht möglich<sup>207</sup>.

Die zusätzlichen Anforderungen an das Gebäudemodell beim Planen im Bestand, insbesondere die Verwaltung und Verknüpfung parallel existierender Modelle verschiedener Zustände, stellen dabei eine große Herausforderung an den Model-Server dar. Hierzu könnte zum Beispiel das Konzept der Versionierung<sup>208</sup> zur Verwaltung paralleler Modelländerungen verwendet und erweitert werden.

<sup>205</sup> ebenda; S. 5

<sup>206</sup> vgl. Kapitel 6.4

<sup>207</sup> vgl. Donath (2010); S. 28

<sup>208</sup> Donath (2011); S. 10 f.

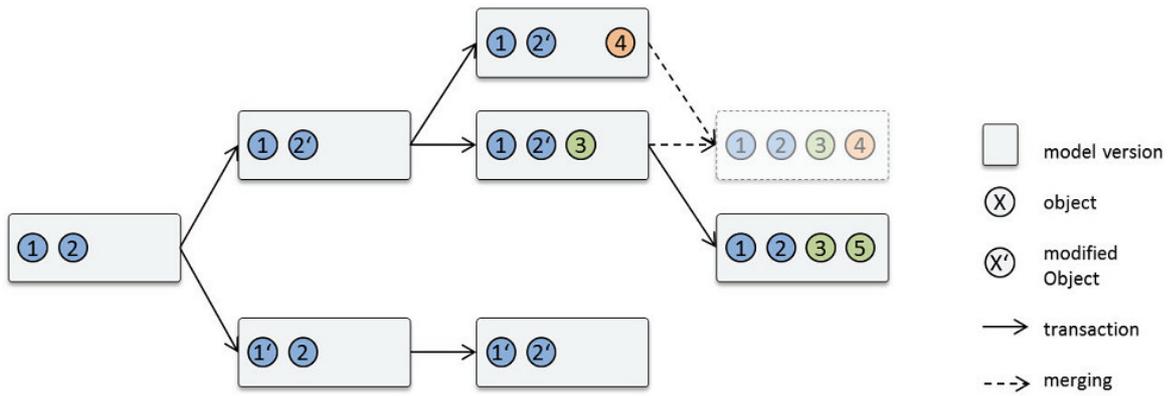


Abbildung 28: Prinzip der Versionierung durch Transaktionen<sup>209</sup>

Die Weiterentwicklung der Modellverwaltung ist jedoch nicht der Kern der Arbeit und soll an dieser Stelle nicht weiter betrachtet werden<sup>210</sup>. Die weiteren Anforderungen an das Gebäudemodell und Lösungsansätze hierzu werden im nächsten Kapitel vorgestellt.

<sup>209</sup> Donath (2011); S. 10

<sup>210</sup> siehe hierzu u.a. Thurow (2004) und Donath (2011)

## **10 Das unvollendete Modell**

### **10.1 Strukturierte Flexibilität**

Wie können Informationen unterschiedlicher Art und Qualität in einem Modell zusammengeführt werden?

Auch wenn das Modell eines Objektes nie die Detaillierung und Vollständigkeit des Originals erreicht, ist der Sinn vieler Modelle, dass zumindest unter Berücksichtigung der Vereinfachung und Vereinheitlichung eine weitgehend vollständige Abbildung erfolgt. Aus Sicht des Verfassers ist dies bei der Planung im Bestand nicht zwingend erforderlich und zum Teil auch hinderlich.

Darüber hinaus darf das Modell auch nicht nur einen Zustand aus dem Lebenszyklus des Objektes darstellen sondern sollte die Entwicklung über verschiedene Projekt- und Nutzungsphasen abbilden. Das hier konzipierte Gebäudemodell soll daher bewusst ständig wachsen und sich weiter entwickeln. Trotzdem muss auch dieses „unvollendete Modell“ auf Strukturen aufbauen, die nachfolgend beschrieben werden sollen.

Das Ziel der Erfassung und Planung ist es, die bisherige und zukünftige Realität mit vertretbarem Aufwand und erforderlicher Genauigkeit abzubilden. Dabei ist es oft sinnvoll, unterschiedliche Gebäudeabschnitte oder Bauteile in Relation zum Umfang der erforderlichen Maßnahmen mit unterschiedlicher Genauigkeit zu behandeln.

Auch bei der Zuordnung von Informationen an verschiedene Bauteile ist eine hohe Flexibilität erforderlich, da nicht für alle Bauteile Informationen zur Verfügung stehen müssen. Innerhalb eines Bestandsprojektes kann es sogar erforderlich werden, komplett neue Bauteile mit anderen Eigenschaften zu definieren, weswegen die Struktur der Modelle auch während der Laufzeit erweiterbar und anpassbar sein muss.

Im Rahmen von „ZBau Bestandserfassung“ wurde hierzu ein dynamisches Bauwerksmodell aus anderen Forschungsprojekten der Bauhaus-Universität Weimar verwendet und erweitert. Der Aufbau des zugrunde liegenden verteilten Produktmodells soll nicht Inhalt dieser Arbeit sein und kann u.a. bei Thurow<sup>211</sup>

---

<sup>211</sup> Thurow (2008)

oder ähnlichen Arbeiten zu dieser Thematik<sup>212</sup> eingesehen werden. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass solche Konzepte bereits vorhanden sind und auch schon prototypisch umgesetzt wurden.

Trotz der hohen Flexibilität in der Erfassung und Darstellung des Modells, müssen für die angestrebten Auswertungen bei jedem Bauteil grundlegende Informationen vorhanden sein. Die Struktur für die Ablage der Informationen bietet das Raum- und Bauteilmodell.<sup>213</sup>

Die Raumstruktur sollte im System hauptsächlich der Orientierung und der Ermittlung von Bezugswerten wie dem Bruttorauminhalt, der Bruttogrundfläche usw. dienen. Die einzelnen Elemente bzw. Klassen der Raumstruktur (Gebäude, Geschoss, Raum, etc.) sind durch Relationen miteinander verbunden. Sie können Informationen sowie geometrische Abbildungen besitzen und sind damit auswertbar.

Auch die Bauteilstruktur besteht aus eher abstrakten Klassen, deren Objekte erst durch ihre Informationen und Relationen zu anderen Objekten definiert werden. Übergeordnete Klassen bieten dabei die Grundfunktionen von Abfragen oder Zuordnungen, wodurch alle untergeordneten Klassen auf gleiche Weise ausgewertet werden können.

Objekte erben dabei nicht nur die Funktionen sondern ggf. auch Eigenschaften von übergeordneten Objekten. So ist eine Wand nicht wie in üblichen CAAD-Systemen ein Quader mit vordefinierten Eigenschaften sondern kann auch ein abstraktes Element sein, das erst durch seine Kostengruppe und andere schrittweise gesammelte Eigenschaften definiert wird. Zustandsbewertungen können zum Beispiel vom übergeordneten Gebäude oder angrenzenden Räumen übernommen werden, wobei der Ursprung der Bewertung mit festgehalten wird. Bei der weiteren Präzisierung der Aufnahme kann aus einem Element dann eine Bauteilgruppe werden, die von untergeordneten Elementen und einer zugeordneten geometrischen Abbildung ihre Informationen übernimmt.

Die für die späteren Auswertungen erforderliche Bauteilstruktur mit ihren Bestandsspezifischen Erweiterungen wurde im Forschungsprojekt „ZBau Bestandserfassung“ unter Mitarbeit des Verfassers entwickelt. Der eigene Anteil lag dabei insbesondere in der Definition der Anforderungen an die

---

<sup>212</sup> z.B. Scherer (2014)

<sup>213</sup> Donath (2010); S. 24 ff.

Zusammensetzung von Bauteilen und die Integration der erforderlichen Informationen für die Bewertung von Bestandsprojekten.

Die Bauteilstruktur wurde dabei sehr eng an den Kostengruppen der DIN 276 orientiert, was später eine direkte Zuordnung von Kennwerten und Auswertungen ermöglicht. Die zunehmende Detaillierung bei der Bauaufnahme und Planung wurde dabei berücksichtigt, weswegen Bauteile bei neuen Erkenntnissen u.a. im Nachgang geteilt oder von einer Art (z.B. Außenwand) in eine andere Art (z.B. Innenwand) überführt werden können. Vorhandene Informationen und geometrische Abbildungen bleiben dabei erhalten.

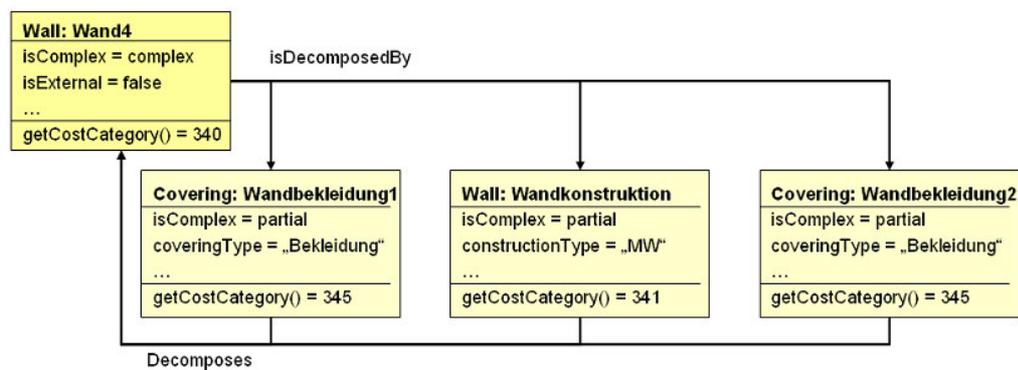


Abbildung 29: Beispiel „ZBau Bestandserfassung“ – Prinzip der Zusammensetzung von Bauteilen

Der detaillierte Aufbau des Gebäudemodells mit den jeweiligen Entsprechungen in der IFC sowie der in den Prototypen umgesetzten Funktionalität können dem Abschlussbericht „ZBau Bestandserfassung“ entnommen werden<sup>214</sup>. Neben der Abbildung physisch vorhandener oder wahrnehmbarer Strukturen wie Bauteilen und Räumen sind dort noch weitere eher abstrakte Klassen vorhanden. Zu diesen gehört die Integration von Mängeln, Maßnahmen und Varianten, die im nachfolgenden Kapitel ausführlich dargestellt ist.

Eine große Bedeutung bei der späteren Auswertung kommt den allgemeinen Informationen zum Objekt und Projekt zu, die ebenfalls in der Struktur erfasst werden müssen. Diese Informationen werden in übergeordneten Klassen der Raumstruktur abgelegt und anschließend über Relationen an die unter- bzw. zugeordneten Raum- und Bauteilstrukturen vererbt.<sup>215</sup>

<sup>214</sup> Donath (2010); S. 24 ff. und Anlage C

<sup>215</sup> ebenda; S. 35 f.

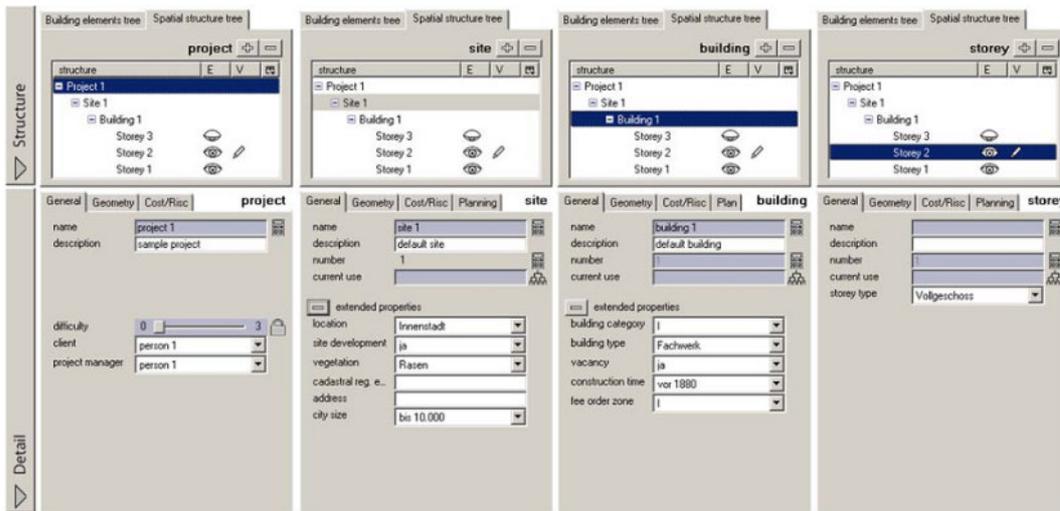


Abbildung 30: Beispiel „ZBau Bestandserfassung“ – Eingabedialoge für allgemeine Projekt- und Objektdaten

## 10.2 Differenzen zwischen Soll und Ist

Wie lassen sich Informationen aus Soll und Ist in einem Modell abbilden?

In der herkömmlichen analogen Planung und auch in CAAD-Systemen ist die Trennung zwischen Soll (dem Planungsziel) und Ist (dem Bestand) eines Gebäudemodells oder eines einzelnen Bauteils sehr groß. Selbst wenn die Planung auf einer vorher durchgeführten Bestandserfassung aufbaut, werden nachträgliche Ergänzungen oder Änderungen am Bestandsmodell nicht automatisch in die Planung überführt. Abweichungen zwischen Soll und Ist müssen händisch als Abbruch- und Ergänzungsplanung zusammengestellt werden und die Fehleranfälligkeit ist hier sehr hoch.

Als grundlegendes Ziel des Systems ist demzufolge eine hohe Verknüpfung zwischen dem Soll und Ist oder die Zusammenführung verschiedener Zustände in ein Modell vorgesehen. Aus Sicht des Verfassers kann sich der Aufbau dieses integrierten Modells nur an dem realen Prozess orientieren. Beim Bestandsobjekt wird die Veränderung vom Ist zum Soll über die Durchführung von definierten Baumaßnahmen erreicht. Der gleiche Prozess kann auch im System abgebildet werden und sorgt dafür, dass neue Erkenntnisse im Ist auch immer auf das Soll übertragen werden.

In den Eingabedialogen von Abbildung 30 ist bereits erkennbar, dass neben der Abbildung des Ist-Zustandes im Modell auch die Planungsabsicht als zukünftiges Soll erkennbar sein muss. Im Gegensatz zu herkömmlichen Ermittlungsmethoden sind in diesem System Kostenkennwerte nicht mit einem Bauteil assoziiert, sondern mit der Herstellung des geplanten Bauteils aus einem vorhandenen Ist-Zustand.

Beim Neubau ist dieser Unterschied meist zu vernachlässigen, da nahezu jedes Bauteil neu produziert und vor Ort zusammengesetzt werden muss. Beim Bauen im Bestand ist die Art der Maßnahme für jedes Bauteil zu berücksichtigen und ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Ist- und dem Soll-Zustand. Hierbei kann grundlegend zwischen folgenden Fällen unterschieden werden:

- keine Änderung (Ist = Soll = 1)
- erste Herstellung (Ist = 0, Soll = 1)
- Instandsetzung (Ist = 1 – Abnutzung, Soll = 1)
- Modernisierung (Ist = 1 – Abnutzung, Soll = 1 + Verbesserung)
- Abbruch (Ist = 1 – Abnutzung, Soll = 0)

Bei der Instandsetzung und Modernisierung können je nach Größe der Differenz zwischen Soll und Ist die Fälle Ergänzung, Teilaustausch und Komplettaustausch in Frage kommen. In einer frühen Planungsphase kann und muss die einzelne Maßnahme nicht sicher bestimmt werden, sodass gleichzeitig immer verschiedene Maßnahmen möglich sind. Im System müssen daher alle möglichen oder zumindest die realistischen Maßnahmen solange parallel abgebildet werden, bis einzelne ausgeschlossen werden können.<sup>216</sup>

Wenn zu einem Bauteil die Planungsabsicht (das Soll) noch nicht feststeht, kommen mehrere Varianten in Frage. Diese Varianten können entweder unterschiedliche mögliche Maßnahmen bedingen oder die gleichen, wobei einzelne Maßnahmen mehr oder weniger wahrscheinlich zur Umsetzung kommen.

Neben der Ausführung von Maßnahmen an kompletten Bauteilen sind auch weitere Fälle denkbar, die eine indirekte Zuordnung erforderlich machen. So lassen sich einzelne Mängel geringen Bereichen von einzelnen Bauteilen oder auch mehreren Bauteilen zuordnen. Bei der erweiterten Fassung des „Mangel“-

---

<sup>216</sup> vgl. Donath (2010); S. 27 und 43

Begriffes als Abweichung vom Soll (siehe Kapitel 6.5) lassen sich funktionale oder gestalterische Planungsabsichten bereits semantisch an Bauteilgruppen, Räume oder andere Elemente knüpfen und mit zusätzlich erforderlichen Maßnahmen verknüpfen.

Mängel können auf dieser Grundlage zwischen konstruktiven, funktionalen und ästhetischen Mängeln getrennt und deren Zwang zur Beseitigung mit einer abgestuften Bewertung versehen werden (z.B. zwischen „muss“, „soll“, „kann“, etc.<sup>217</sup>). Aus diesen Bewertungen eines fachkundigen Planers lassen sich bei den Auswertungen Risiken und verbleibende Gestaltungsspielräume ermitteln<sup>218</sup>.

Für jedes Bauteil wird aus der Zusammenfassung der Zustandsbewertung und der Bewertung von verbundenen Mängeln die Wahrscheinlichkeit für den Eintritt verschiedener möglicher Maßnahmen bestimmt, wobei der Zuordnung von vordefinierten Maßnahmen eine deutlich höhere Unsicherheit zugerechnet wird als der bewussten Eingabe des Planers. Diese verschiedenen Bewertungen und Zusammenfassungen sollen zum besseren Verständnis an einigen typischen Beispielen erläutert werden.

Zustandsbewertungen dürfen nicht nach einer einfachen Abstufung (z.B. „gut“, „mittel“, „schlecht“) erfolgen, da diese unpräzise sind und in Relation zur Objektart oder zum Nutzer des Systems subjektive Bewertungen fördern. Besser ist es, in Abhängigkeit zum betrachteten Bauteil die Eignung für verschiedene Funktionen des Bauteils zu beurteilen.

Für den konstruktiven Teil einer tragenden Innenwand bestimmt sich der Zustand hauptsächlich an der Funktion der Raumtrennung, der statischen Funktion für darüber liegende Lasten und der tragenden Funktion für die Wandbekleidungen. So könnte die Bewertung anhand von sichtbaren Beeinträchtigungen in Form von Rissen, Verformungen oder Fehlstellen der Wandbekleidung erfolgen. Selbst bei sehr positiven Bewertungen kann in Abhängigkeit zur Konstruktion (z.B. Fachwerk oder Stahlbeton) ein Restrisiko für erforderliche Anpassungen bestehen. Bei einer geänderten funktionalen Anforderung (z.B. Schall- und Brandschutz bei einer Umnutzung zur Wohnungstrennwand) ergeben sich ganz neue Maßnahmen, die in Frage kommen und in Kombination mit dem Zustand zu werten sind.

---

<sup>217</sup> vgl. MoSCoW-Priorisierung in Höbig (2014); S. 320 f.

<sup>218</sup> vgl. Donath (2010); S. 26 f. und 48 f.

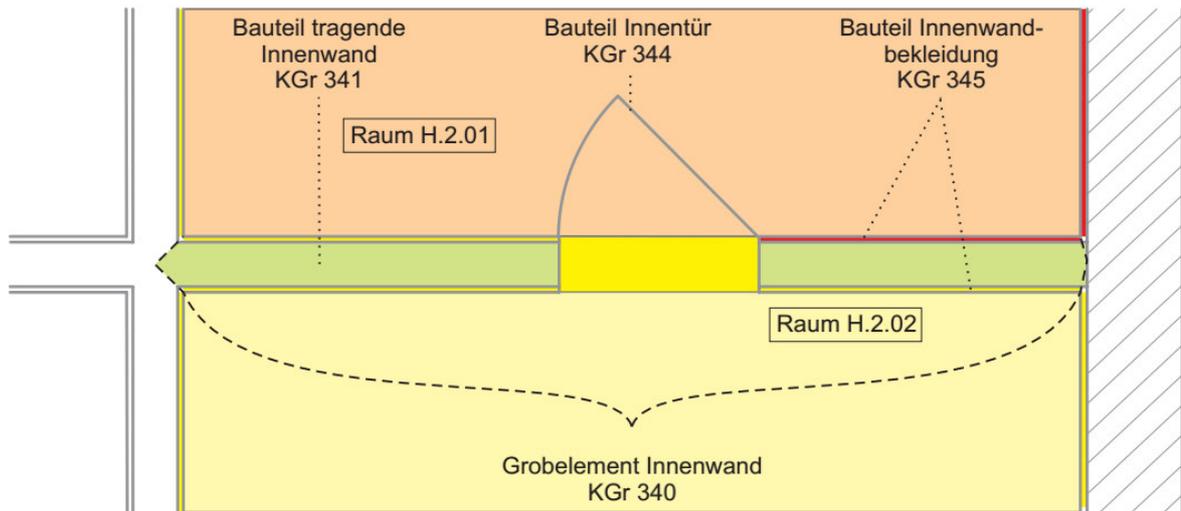


Abbildung 31: Raum- und Bauteilbeziehungen mit Zustandsbewertungen

Der konstruktive Teil von Wänden unterliegt im Lebenszyklus eines Gebäudes nur selten Änderungen und einer geringen Abnutzung. Bei der Präzisierung von allgemeinen Zustandsbewertungen übergeordneter Elemente wird es daher häufig zu einer Unterscheidung zwischen konstruktiven und oberflächlichen Elementen kommen.

Für die Bewertung von Innenwandbekleidungen kann die Zustandsermittlung wie folgt abgestuft werden:

- keine ästhetischen und konstruktiven Beeinträchtigungen
- nur ästhetische Beeinträchtigungen der obersten Bauteilschicht
- ästhetische und wenige konstruktive Beeinträchtigungen
- große konstruktive Beeinträchtigungen
- Bauteilschicht nicht mehr vorhanden

Zur besseren Nachvollziehbarkeit und Transparenz ist bei steigendem Grad der Beeinträchtigungen eine Dokumentation der Bewertungsgrundlagen sinnvoll, was im Erfassungssystem über die Zuordnung von Fotos oder anderen Informationen zu Bauteilen oder anderen Elementen möglich ist.

Bei einer gemeinsamen Bewertung von Grobelementen oder übergeordneten Strukturen ist daher zwingend eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Bauteilfunktionen zu berücksichtigen, wobei erforderliche konstruktive Eingriffe zwangsläufig auch Maßnahmen an Bauteiloberflächen nach sich ziehen.

### 10.3 Präzise Unschärfe

Wie können ungenaue Daten oder Informationen mit der erforderlichen Präzision aufgenommen werden?

Wenn in diesem System Auswertungen über alle realistisch möglichen Varianten durchgeführt werden, ist der höchste Grad der Unsicherheit, die Unkenntnis, weitgehend ausgeschlossen. In einer klassischen Ermittlungsmethode steht neben jeder getroffenen Annahme die Unkenntnis, was alternativ eintreten könnte. Das wird in diesem System durch die Berücksichtigung einer mindestens erforderlichen Maßnahme und eines schlimmsten Falls bereits kompensiert. Auch bei der Zuordnung von Mengen- und Kostenkennwerten zu einzelnen Maßnahmen wird bei der Erfassung eine möglichst präzise Schwankungsbreite berücksichtigt, wobei sich diese Schwankungen über die Vielzahl der Werte und durch das Gesetz der großen Zahlen in vielen Fällen neutralisieren.

Wichtiger für die Vermeidung von fehlerhaften Ermittlungen ist der Ausschluss von Abweichungen, die immer in eine Richtung gehen. Hier sind zum einen die fehlende Vollständigkeit und zum anderen Abweichungen durch äußere Bedingungen zu betrachten, die auch bei klassischen Ermittlungsmethoden auftreten können.

Zu den äußeren Bedingungen gehören u.a. die in Kapitel 4.2 bereits benannten schwer oder gar nicht beeinflussbaren Faktoren Konjunktur, regionale und lokale Lage, Bauzeit sowie daraus ableitbare Auswirkungen wie die Witterung, Zufahrtsmöglichkeiten, etc. Für diese Einflüsse gibt es in verschiedenen Systemen oder Kostensammlungen Ansätze zur Bewertung, die insgesamt nur wenig voneinander abweichen. Für den aktuellen Zeitpunkt der Ermittlung lassen sich so relativ präzise Faktoren ableiten, die jeder Ermittlung aufzuschlagen sind.

Schwieriger ist die Prognose dieser Faktoren für Leistungen, die erst in einigen Monaten oder Jahren ausgeschrieben werden, da die Entwicklung der Konjunktur und der Witterung nur bedingt aus der Vergangenheit ableitbar sind. Auch der Einfluss aus der Größe des Projektes auf einzelne Baupreise ist zwar in der Praxis erkennbar, aber in gängigen Systemen kaum berücksichtigt. An diesen Punkten verbleibt eine Unsicherheit, die abgebildet werden muss. Jede begründete Prognose zu einem mittleren Wert und einer Schwankungsbreite ist hier besser als die Unkenntnis, zumal die Unsicherheit der Prognose mit jeder weiteren

Leistungsphase abnehmen kann. Im Zweifelsfall kann auf eine Prognose zukünftiger Kostenwerte verzichtet werden, was im Vergleich zu den Forderungen der DIN und klassischen Methoden zumindest keine ungenauere Lösung ist.

Die Vermeidung systematischer Abweichungen durch Unvollständigkeiten (in der Regel weichen die realen Kosten nach oben bzw. die Ermittlungen nach unten ab) kann nur durch entsprechende Überprüfung und Berücksichtigung im System erfolgen, da der Nutzer kaum zu vollständigen Eingaben gezwungen werden kann. Die übliche Vorgehensweise bei der Erfassung von Bestandsobjekten kommt diesem Ansatz entgegen und wird im System durch die Reihenfolge bei der Erstellung der Gebäudestruktur unterstützt.

So werden in den Eingabedialogen zum Projekt, Grundstück und Gebäude (siehe Abbildung 26) schon grundlegende Eigenschaften abgefragt, die u.a. für die Bewertung oben benannter Faktoren relevant sind. Bei der skizzenhaften Aufnahme der Raum- und Bauteilstruktur wird eine Vorgehensweise von außen nach innen und vom Großen ins Kleine unterstützt. Durch das Skizzieren in Maßstäben und die damit verbundene Aufnahme geschätzter oder gemessener Maße ist ein versehentliches Weglassen von Räumen und Grobelementen kaum möglich.

Bei der Detaillierung von Grobelementen zu untergeordneten Elementen wird durch die vorgeschlagene Aufteilung in Bauteilschichten ein Teil der Arbeit durch das System automatisiert, sodass der Nutzer mit dem Anlegen von Öffnungen, Sonderbauteilen (z.B. Säulen, Treppen, etc.) und ggf. vorhandenen Mängeln bereits eine erste vollständige Struktur erzeugt hat.

In der Struktur werden fehlende Informationen einzelner Elemente entweder durch Vererbung von übergeordneten Elementen übernommen oder, falls gar keine Daten vorhanden sind, durch Varianten aus vordefinierten Datensätzen oder im Zweifelsfall durch unschärfere Kennwerte im übergeordneten Element ausgeglichen. Die Auswirkung der Verdichtung von Informationen wird im nächsten Kapitel noch einmal genauer behandelt.

Zur Prüfung der Vollständigkeit lassen sich im System zusätzlich logische Abfragen (z.B. hat jeder Raum mindestens einen Zugang, haben Räume mit Außenwänden Fenster, etc.) sowie Verhältnisprüfungen (z.B. Nettogrundfläche / Bruttogrundfläche) durchführen und bei Auffälligkeiten Hinweise an den Nutzer

ausgeben. Auch auf fehlende wichtige Informationen bei vorhandenen Elementen kann im System aufmerksam gemacht werden, sodass die Vollständigkeit der Daten und Bauteile gegenüber klassischen Methoden der Bauaufnahme und Bewertung im Idealfall erheblich besser und in keinem Fall schlechter sein kann.

Neben der möglichen Unkenntnis wird auch die Vagheit mit dem System reduziert oder in dem verbleibenden Umfang als Unschärfe mit abgebildet und transparent gemacht. Vagheit besteht immer, wenn Informationen zu einem Objekt nicht bestimmt genug sind oder wenn Informationen, die zu einem vergleichbaren Objekt erfasst wurden, auf andere Objekte übernommen werden. Beide Fälle können auch in diesem System vorkommen, wobei fehlende Informationen durch zusätzlich mögliche Maßnahmen und vererbte Informationen zumindest durch größere Unschärfe oder ebenfalls durch zusätzliche Maßnahmen in den Bewertungen berücksichtigt wird.

Sowohl bei der Unkenntnis als auch der Vagheit werden somit verbleibende Unsicherheiten in Varianten und Unschärfe überführt, um trotzdem Auswertungen ohne systematische Abweichungen zuzulassen. Die Unsicherheit aller erfassten Daten wird somit in Unschärfe überführt und abgebildet.

Wenn an jedem einzelnen Punkt der Unsicherheit abgebildet wird, was in der Realität an Abweichungen oder Varianten theoretisch möglich ist, kann über die Auswertung der jeweils besten oder schlechtesten Option die maximale gesamte Unsicherheit des Projektes ermittelt werden. Dies ist zwar nicht das Ziel des Systems, bietet aber bereits mehr und präzisere Informationen zum Stand des Projektes als die Angabe eines Erwartungswertes und einer üblichen (oder juristisch zu tolerierenden) Schwankungsbreite am Ende einer Leistungsphase.

Das erste Ziel des Systems ist die Identifizierung großer Unsicherheiten, was auf Basis der Maßnahmenvarianten, Planungsvarianten und den Werten zur Unschärfe möglich ist. Die Präzision und die Menge der Daten nimmt im Laufe des Planungsprozesses jedoch stetig zu, weswegen nicht nur die tatsächliche sondern auch die ausgewiesene Unschärfe der resultierenden Auswertungen mit jeder gezielt erfassten Information abnimmt.

## 10.4 Informationsverdichtung

Wie können Informationen im Planungsprozess schrittweise nachverdichtet werden?

Das Hauptproblem von klassischen Kostenermittlungsmethoden in frühen Planungsphasen ist die starke Verallgemeinerung der Kennwerte einzelner Objekte um übliche Kennwerte für bestimmte Objektgruppen zu erhalten. Dabei wird u.a. versucht, Kosten, die mit Maßnahmen in untergeordneten Elementen bzw. Kostengruppen zusammenhängen (z.B. Austausch von Fenstern), auf höherer Ebene der DIN 276 (in dem Fall der Außenwand) zusammenzufassen. So gehen jedoch nicht nur die Informationen der einzelnen Fenster sondern auch der Kosten je Fenster oder je m<sup>2</sup> Fensterfläche verloren und werden nur noch in Summe über die Fläche der Außenwand (bei Ermittlungen nach der 2. Ebene DIN 276) bzw. über die Bruttogrundfläche (nach 1. Ebene DIN 276) verteilt. Das gleiche gilt für unterschiedliche Zustände von Bauteilen, unterschiedlich starke Änderungen durch Umnutzungen und Modernisierungen usw., was in Summe erhebliche Schwankungen in den Kennwerten verursacht.

Als Ergebnis dessen müsste jeder Wert, der aus dem aktuellen Projekt schon vorhanden ist, bei der Kostenermittlung bevorzugt werden und mit präzisen vergleichbaren Kennwerten aus anderen Projekten versehen werden. Diese Vorgehensweise entspricht den üblichen Ermittlungsmethoden in späteren Planungsphasen, wobei dort oft für fast alle Bauteile die gleiche Genauigkeitsstufe angesetzt wird.

Neddermann schlägt abweichend davon für Kostenschätzungen und Kostenberechnungen<sup>219</sup> jeweils maßnahmenorientierte Methoden mit gemischten Bauteildetaillierungen vor, wobei die Detaillierung verschiedener Elemente einer Kostengruppe gleichbleibt und nur zwischen verschiedenen Kostengruppen abweicht. Zusätzlich werden die Maßnahmen aus verschiedenen einzelnen Leistungen zusammengesetzt und können so gezielter dem Objekt zugeordnet werden. Gerade bei der Kostenschätzung werden dann jedoch verschiedene Elemente mit gemischten Schadensklassen belegt und Kosten über Räume

---

<sup>219</sup> vgl. Neddermann (2007); S. 97 ff. und 104 ff.

ermittelt und aufsummiert, was wieder zu o.a. Problemen führt. Hier soll daher nur der Ansatz für Kostenberechnungen weiterverfolgt bzw. weiterentwickelt werden.

Das Ziel der gleichmäßigen Detaillierung bei klassischen Methoden ist der versuchte Ausschluss von Überlagerungen oder Unvollständigkeiten und, dass zum Ende einer Leistungsphase ein Planungsstand mit annähernd gleicher Detaillierung vorhanden ist und dieser (besonders bei Neubauprojekten) auch sinnvoll ist. Dies entspricht jedoch nicht dem zeitlich heterogen wachsenden Kenntnisstand und unterschiedlichen Anforderungen in einem Bestandsprojekt.

Das Ziel der ersten Bestandserfassung muss es sein, mindestens alle Grobelemente der Kostengruppen 320 Gründung, 330 Außenwände, 340 Innenwände, 350 Decken und 360 Dach zu erfassen. Diese Kostengruppen machen im Mittel 65 bis 80 % der Baukosten bei Sanierungsprojekten aus und sollten in keiner Ermittlung über Kennwerte je m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche oder ähnliche Bezugswerte berechnet werden. Selbst wenn die Maße der Bauteile oder Räume nur geschätzt werden, ist die damit erreichte Präzision höher als die der Verwendung von Mittelwerten aus verschiedenen Projekten.

Zusätzlich sollten nach der ersten Erfassung auch eine Eingrenzung der Zustände für alle Kostengruppen der 2. Ebene (siehe Kapitel 10.2), ein Konstruktionstyp bzw. eine Baualtersklasse des Gebäudes sowie ein allgemeines Ziel der Baumaßnahme (Instandsetzung, Modernisierung, Umnutzung, etc.) vorhanden sein.

Über diese Angaben und die grundlegenden Informationen zu äußeren Einflüssen im Projekt lässt sich bereits eine erste Kostenschätzung mit den Anforderungen der DIN 276 aufstellen. Für die Kostenschätzung nach Neddermann müssten die Grobelemente in einzelnen Kostengruppen aufgeteilt werden und zumindest Öffnungen und Sonderbauteile (Fenster, Türen, Treppen, etc.) erfasst werden.

Das Offenlassen von Informationen im System und deren Nachverdichtung im Lauf der Planung wird über die Zuordnung von verschiedenen Maßnahmen und die Festlegung der Eintrittswahrscheinlichkeiten einzelner Maßnahmen kompensiert. Wenn beispielsweise zu Beginn des Sanierungsprojektes von einem Wohngebäude nur die Information zu allen Außenwänden vorliegt, dass diese zwar ästhetische aber nur wenige konstruktive Beeinträchtigungen haben und das Ziel des Projektes auch eine energetische Modernisierung ist, können z.B. über

die Werte der BKI<sup>220</sup> für Kostengruppe 330 Kennwerte mit großen Bandbreiten in eine mögliche Maßnahme oder Vergleichsprojekte mit einer engeren Bandbreite in verschiedenen Maßnahmen aufgenommen werden. Ohne Eingriff des Nutzers ist eine vordefinierte (gleichmäßige) Verteilung der Eintrittswahrscheinlichkeiten im System vorgesehen, wodurch die möglichen Kosten in einem großen Bereich streuen.

Mit jedem Eingriff des Nutzers bei der Auswahl der Maßnahmen und der Zuordnung höherer Eintrittswahrscheinlichkeiten für vergleichbare Projekte reduziert sich die Unsicherheit und die Bandbreite des möglichen Ergebnisses verengt sich. Wenn im Nachgang die Zustandsbewertung für viele einzelne Grobelemente auf keine erkennbaren konstruktiven Beeinträchtigungen angepasst wird, ändert sich die Zuordnung von Maßnahmen bzw. der Anteil für Leistungen in der KG 341 wird im Kennwert reduziert.

Durch die Aufteilung der Grobelemente in einzelne Bauteile oder Bauteilschichten lassen sich ebenfalls aus der BKI oder von Neddermann<sup>221</sup> präzisere Kennwerte zuordnen, die erstmals die tatsächlichen Mengen der Bauteile berücksichtigen. So können Fenster auch ohne Angabe von Konstruktionen zumindest in einer Bandbreite von Instandsetzung bis Komplettaustausch abgebildet werden, wobei der Austausch innerhalb einer energetischen Sanierung höher gewichtet wird.

Mit der Angabe von Konstruktionen der tragenden Bauteile oder Materialien von Wandbekleidungen im Rahmen der weiteren Erfassung sowie der direkten Eingabe von Planungsvarianten oder Wahrscheinlichkeiten lassen sich gezielt unrealistische und ungewünschte Maßnahmen ausschließen bzw. auf ein Restrisiko minimieren. Festlegungen des Planers können dabei hinterfragt oder alternative Varianten (Außen- statt Innendämmung, hinterlüftete modulare Systeme statt WDVS, etc.) vorgeschlagen werden.

Wenn Festlegungen als Annahme einer Planungsabsicht getroffen werden und alternative Möglichkeiten in Frage kommen, können verschiedene Maßnahmen in Varianten überführt und nachfolgend mit einer Chance statt einem Risiko geführt werden. Bei der Bewertung von Varianten sollte es immer eine Vorzugsvariante

---

<sup>220</sup> BKI Altbau (2012); S. 258 ff. und 266 ff.

<sup>221</sup> Neddermann (2007); S. 102 f.

geben, die bei den nachfolgenden Auswertungen als Standard interpretiert und zur Ermittlung der Chancen abweichender Varianten genutzt wird.

Mit dieser Vorgehensweise lassen sich im Rahmen der Vorplanung schon genaue obligatorische und fakultative Maßnahmen für einzelne Elemente oder eine Gruppe von Elementen (z.B. alle Außenwandbekleidungen in einem Geschoss) bestimmen. Hierzu ist eine zeichnerische Darstellung und Festlegung von Details nicht erforderlich, sodass nicht erst am Ende, sondern schon während der Untersuchung von Varianten die Ergebnisse verwertet werden können.

Verbleibende Unschärfen oder fehlende Festlegungen bei Varianten können dann im weiteren Planungsprozess anhand ihres Einflusses auf das Gesamtergebnis ausgewertet und schrittweise untersucht werden. Auch der Vorteil eines gezielten Einsatzes von Fachleuten in frühen Planungsphasen lässt sich so ermitteln.

## **10.5 Lebenszyklus des Modells**

Wie lassen sich Informationen während des gesamten Projektes und darüber hinaus halten, verdichten und nutzen?

Wenn sich ein Gebäude in seinem Lebenszyklus ständig ändert, sollte dies auch bei seinem digitalen Modell erfolgen. In den bisherigen Ausführungen zum Modell und auch im Rahmen des Forschungsprojekts war immer nur der kleine Ausschnitt eines Projektes mit dem aktuellen Ist- und einem prognostizierten Soll-Zustand betrachtet worden. Das Ziel einer Erfassung kann aber nicht sein, diese bei jedem neuen Projekt zu wiederholen, sondern die gewonnenen Informationen dauerhaft zur Verfügung zu stellen.

Der Aufwand der Erfassung entsteht hauptsächlich, weil vom Neubau und letzten Umbauten der bisherigen Bestandsobjekte keine digitalen Modelle zur Verfügung stehen, sondern allenfalls Papierpläne mit mehr oder weniger vollständigen bzw. unscharfen Informationen. Demzufolge müssen digitale und informationsbehaftete Bauwerksmodelle von heutigen Neubau-Projekten als einfache und gute Datenbasis für spätere Projekte dienen können.

Das Soll vom aktuellen Projekt wird dabei unter Berücksichtigung der Einflüsse aus der Nutzungsphase (kleinere Instandsetzungen oder Modernisierungen,

Abnutzung, etc.) zum Ist des nächsten Projektes. Übliche Einflüsse wie die Abnutzung könnten dabei schon auf Grundlage des Soll-Zustandes und einer Lebenszyklusbetrachtung von Bauteilen prognostiziert werden. Ob diese Informationen im Rahmen des Betriebs (in einem Facility-Management-System) oder erst wieder im nächsten Projekt zur Vereinfachung der Bestandserfassung und Prognose erforderlicher Maßnahmen genutzt werden, hängt von den Anforderungen des Nutzers ab.

Der langfristige Ansatz des Systems kann daher nur ein kontinuierlich genutztes Gebäudemodell sein. In diesem müssen entweder verschiedene Zustände in jeweils aktuellen Modellen abgebildet werden oder das Gebäudemodell wird mit der zusätzlichen Dimension der Zeit versehen. Bauteile sind in diesem Modell mit einem Startpunkt, einer kontinuierlichen Abnutzung und einem prognostizierten Endpunkt versehen. Im Anschluss übernimmt dann entweder ein instandgesetztes oder ein verbessertes Bauteil diese Funktion und bekommt einen neuen Startpunkt.

Die Planung von Instandsetzungsmaßnahmen vereinfacht sich bei konsequenter Anwendung eines solchen Systems deutlich. Das Planen im Bestand kann sich dann auf die Erfassung von einzelnen Mängeln sowie die Ermittlung von Varianten zur reinen Instandsetzung aufgrund von geänderten Anforderungen aus der Nutzung, äußeren Vorgaben oder Optimierungen konzentrieren.

Wenn für jedes Bauteil bekannt ist, welchen ökonomischen und ökologischen Aufwand es bei seiner Herstellung, Instandsetzung und Entfernung verursacht, ist die Ermittlung von Aufwendungen in einem definierten Lebenszyklus nicht schwer umzusetzen. Die notwendigen Basisinformationen sind über Datenbanken wie Baupreissammlungen oder die ÖKOBAUDAT bereits jetzt mit vertretbarer Genauigkeit zugänglich. Für die Ermittlung des Aufwands aus der Nutzung sind bereits heute Systeme verfügbar, die auf Grundlage eines Gebäudemodells und vordefinierten Materialeigenschaften arbeiten.

Ein Vergleich zwischen der reinen Instandsetzung und Optimierung der Gebäude wäre durch die parallele Betrachtung von Varianten auch auf Grundlage eines Modells möglich. Der Umgang mit Unschärfe und verschiedenen Möglichkeiten sowie die Nutzung der daraus gewonnenen Ergebnisse von Auswertungen wird im folgenden Kapitel genauer dargestellt.

## 11 Die Kosten- und Risiko-Analyse

### 11.1 Mathematischer Ansatz

Wie können unsichere Informationen überhaupt zusammengefasst und ausgewertet werden?

In dem konzipierten unvollendeten Modell sind eine Vielzahl unterschiedlicher Möglichkeiten in parallel existierenden Varianten und Maßnahmen abgebildet. Darüber hinaus sind auch Mengen und Kennwerte mit einer definierten Unschärfe versehen, weswegen die Auswertung dieser Modelle zu keinem eindeutigen Ergebnis führen kann. Wenn das Projekt in der Realität umgesetzt wird, werden entweder durch Entscheidungen von Projektbeteiligten oder durch das Erkennen der realen Werte beziehungsweise Erfordernisse die Möglichkeiten immer weiter eingeeengt, bis am Ende an jeder Stelle eine Variante, eine Maßnahme und ein Wert stehenbleiben.

Eine genaue Vorhersage, welches der vielen möglichen Ergebnisse tatsächlich eintritt, kann kein mathematisches Modell bieten. Im Gegensatz dazu wird durch den Versuch der Prognose eines Ergebnisses auch immer eine mögliche Veränderung ausgelöst, da jede Vorhersage den Entscheidungsfinder in die eine oder andere Richtung beeinflussen kann. In der Quantenphysik wird dieses Problem am Beispiel von Schrödingers Katze erläutert und als ein zusammenhängendes System verstanden: „Die Gesamtheit dieser Ideen – Unbestimmtheit, Komplementarität, Wahrscheinlichkeit und Störung des beobachteten Systems durch den Beobachter – bezeichnet man als Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik“<sup>222</sup>.

Bei steigendem Grad der Unsicherheiten helfen auch keine klassischen Berechnungsmodelle mehr, da diese ebenfalls darauf ausgerichtet sind, bestimmte Ergebnisse zu ermitteln wie den wahrscheinlichsten Erwartungswert oder das größt- bzw. kleinstmögliche Ergebnis. Durch das Gesetz der großen Zahlen ist es jedoch sehr unwahrscheinlich, dass bei jeder Variantenauswahl und jedem Wert die größte bzw. kleinste Möglichkeit eintritt.

Bei der Monte-Carlo-Simulation wird das Problem der unendlich vielen Ergebnisse zur Grundlage des Systems gemacht. Die Simulation wurde in den 30ern von

---

<sup>222</sup> Gribbin (2011); S. 136

einem Physiker erdacht und in den 40ern von Mathematikern entwickelt, um wahrscheinlichkeitsgewichtete Ergebnisse und statistische Werte bestimmen zu können. Die Methode ist demnach eine Mischung aus Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik, da zuerst Zufallsexperimente durchgeführt und deren Ergebnisse danach statistisch ausgewertet werden.

Für den hier vorliegenden Fall eines mehrfach unsicheren Gebäudemodells lässt sich die Methode wie folgt zusammenfassen:

- Das Projekt wird auf Grundlage der im Modell abgebildeten Möglichkeiten in einer großen Serie immer wieder als einzelnes Szenario umgesetzt.
- Bei jedem Szenario werden die offenen Entscheidungen und unscharfen Werte über Zufallszahlen bestimmt und auf dieser Basis ein resultierendes Ergebnis für dieses Szenario ermittelt.
- Je öfter in dieser Serie ein bestimmtes Ergebnis bzw. ein Ergebnisbereich vorkommt, desto wahrscheinlicher ist dieses Ergebnis für das Projekt. Ergebnisse, die selbst bei einer großen Menge von Durchführungen gar nicht vorkommen, können als unwahrscheinlich ausgeschlossen werden.
- Aus der Summe bzw. der Wichtung aller Ergebnisse lassen sich statistische Werte, wie ein mittlerer Erwartungswert, eine Standardabweichung oder Varianz sowie die Wahrscheinlichkeit von Ergebnisbereichen, ermitteln.
- Für die Auswertung ist dabei nur das Ergebnis aber nicht das Szenario, das zu diesem Ergebnis geführt hat, interessant, da davon ausgegangen werden muss, dass sich ein Szenario noch seltener wiederholt als ein Ergebnis.

Die Methode verstärkt somit noch einmal das Gesetz der großen Zahlen, das bereits innerhalb eines Szenarios wirkt. Trotzdem verbleibt ein Einfluss des Zufalls, ähnlich wie er in der Realität auch nicht ausgeschlossen werden kann. Die Methode versucht jedoch Unschärfe mit Unschärfe zu bekämpfen. Durch die mehrfache Durchführung der Simulation und den Vergleich dieser Ergebnisse lassen sich sogar Abweichungen aus Zufallsverteilungen ermitteln und die zusätzliche Unschärfe durch die Methode bestimmen.

Die Berechnung eines Szenarios erfolgt im konzipierten System anhand von Maßnahmengruppen, die jedem Bauteil und jedem Mangel zugeordnet werden. Dabei wird die Berechnung über die Bauteile und Mängel ausgelöst, und jedes angesprochene Element liefert ein eindeutiges Ergebnis zurück. Die Summe aller

einzelnen Ergebnisse wird am Ende mit den projektspezifischen Faktoren angepasst und als ein mögliches Ergebnis in einem Feld abgelegt.

Eine Maßnahmengruppe kann dabei für ein spezielles oder mehrere gleiche Elemente vorhanden sein, demnach auch mehrfach angesprochen werden. Genauso ist es möglich, dass eine Maßnahmengruppe nur einer speziellen Variante zugeordnet ist, die im Szenario gar nicht abgefragt wird. Die Auswahl der Maßnahme erfolgt im Szenario mehrstufig nach der Planungsvariante (Standard ist die Vorzugsvariante) und anschließend anhand eines Zufallswertes und der Eintrittswahrscheinlichkeit aus der zugeordneten Maßnahmengruppe.

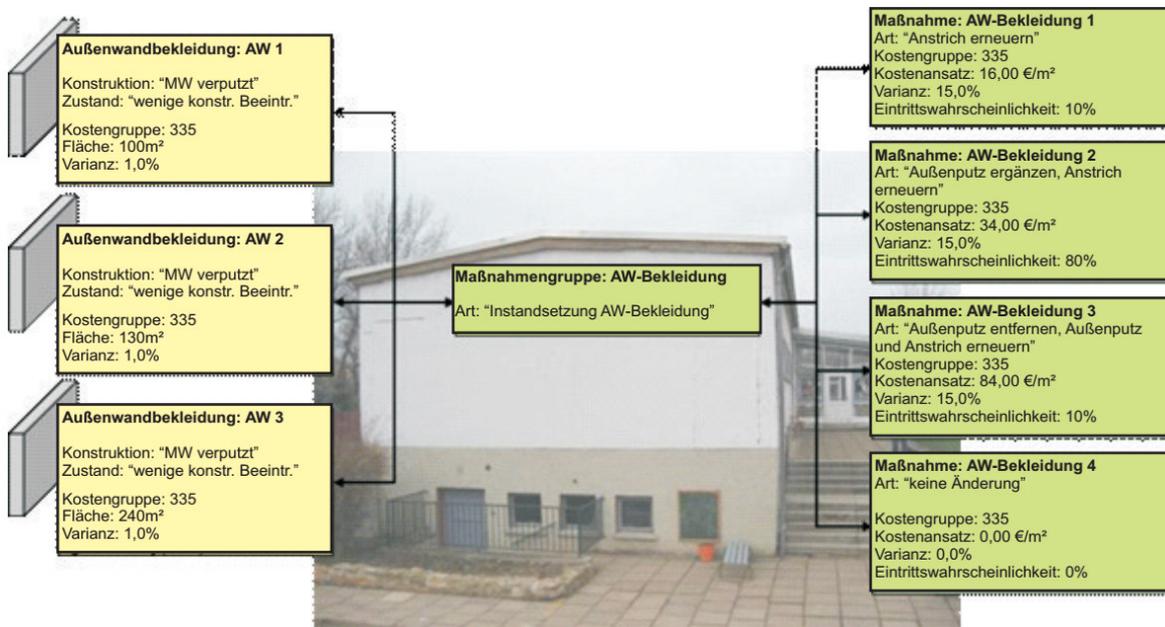


Abbildung 32: Zuordnung von Maßnahmen zu einer Gruppe von Bauteilen

Für jede Variantenauswahl und Maßnahmengruppe wird die Festlegung innerhalb eines Szenarios gespeichert, da die Zuordnung von Maßnahmen für gleiche Bauteile innerhalb eines Projektes in der Regel gleichmäßig erfolgt. Der ausgewählten Maßnahme ist bereits ein Kostenkennwert im System zugeordnet, der mit einer Zufallsfunktion innerhalb seiner möglichen Schwankungsbreite angepasst wird. Bei der Abfrage durch das Bauteil wird diesem Kostenkennwert eine ebenfalls per Zufallsfunktion modifizierte Menge zugeordnet und das Produkt aus Menge und Kosten als Ergebnis ausgegeben.

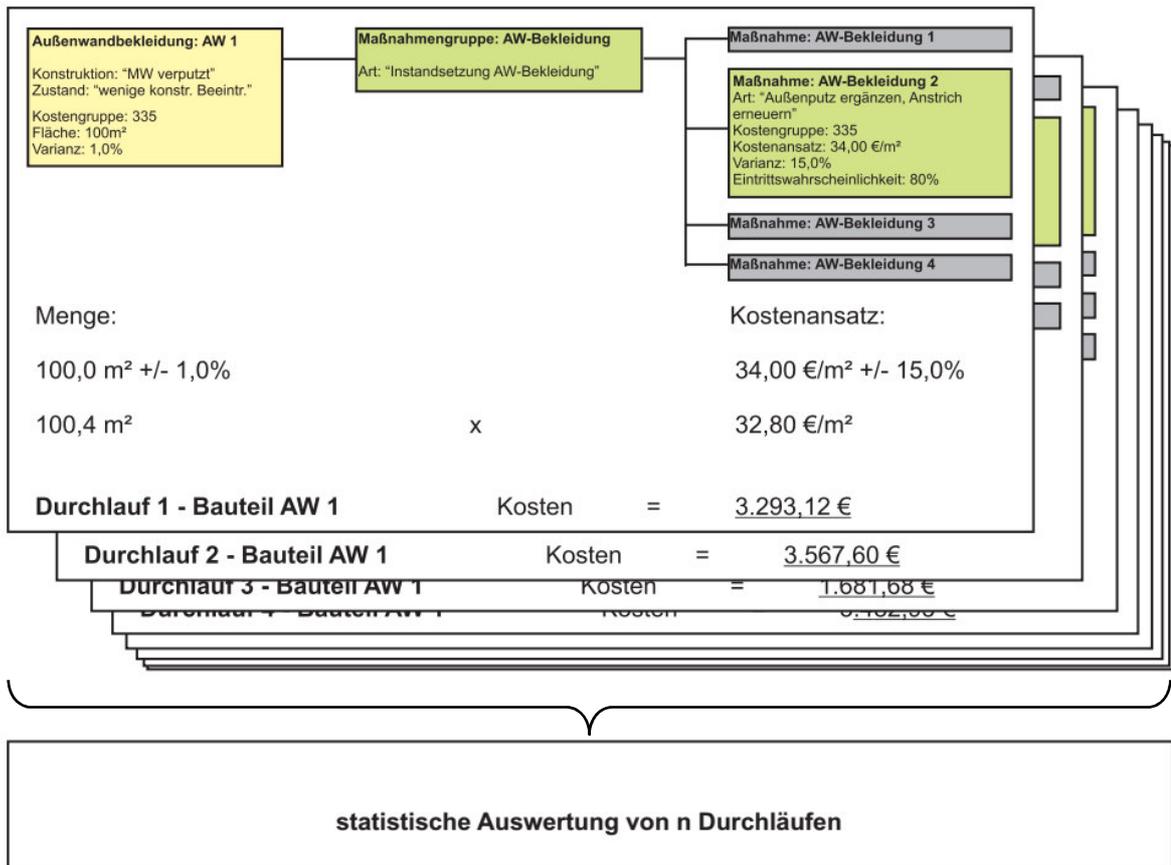


Abbildung 33: Ermittlung Kosten für ein Bauteil

Zur Prüfung der Funktionsweise der Simulation wurde im Rahmen des Forschungsprojektes ein kleines Modul in VisualBasic.net entwickelt, welches für eine geringe Anzahl von Maßnahmengruppen den Auswahlprozess simuliert und die Ergebnisse einer definierten Anzahl von Szenarien zusammenträgt. Die Daten einzelner Maßnahmen wurden dabei aus einer Datenbank geladen und fiktiven Maßnahmengruppen zugeordnet. Der Umfang der Daten wurde im Test bewusst reduziert und auch Unschärfen bei den einzelnen Mengen nicht berücksichtigt, da das Gesetz der großen Zahlen sich bei jeder Zufallsentscheidung bemerkbar macht. Mit dem Modul hat sich gezeigt, dass der Aufwand der Programmierung und die Anforderungen an den Rechner eher gering sind. Selbst mit mobilen Rechnern konnten einfache Beispielprojekte in weniger als 10 Sekunden 1.000.000 mal berechnet werden.

**Test Monte Carlo Simulation**

Maßnahmengruppe	Maßnahme	Kosten in €	Wahrscheinlichkeit
V1	Anstrich erneuern	1.600,00	20
V2	Putz ergänzen, Anstrich erneuern	3.400,00	50
V3	Putz entfernen, Mauerwerk ausbessern, Putz, Anstrich	8.400,00	30
V4	keine Änderung	0,00	0
V5		0,00	0
V6		0,00	0

**Auswertung**

Die Ergebnisse sortiert:  
 von 0.000 bis 0.999 Anzahl 0  
 von 1.000 bis 1.999 Anzahl 0  
 von 2.000 bis 2.999 Anzahl 0  
 von 3.000 bis 3.999 Anzahl 0  
 von 4.000 bis 4.999 Anzahl 0  
 von 5.000 bis 5.999 Anzahl 0  
 von 6.000 bis 6.999 Anzahl 37  
 von 7.000 bis 7.999 Anzahl 108  
 von 8.000 bis 8.999 Anzahl 226  
 von 9.000 bis 9.999 Anzahl 670  
 von 10.000 bis 10.999 Anzahl 771  
 von 11.000 bis 11.999 Anzahl 2020  
 von 12.000 bis 12.999 Anzahl 2922  
 von 13.000 bis 13.999 Anzahl 4332  
 von 14.000 bis 14.999 Anzahl 6575  
 von 15.000 bis 15.999 Anzahl 10936  
 von 16.000 bis 16.999 Anzahl 10307  
 von 17.000 bis 17.999 Anzahl 21093  
 von 18.000 bis 18.999 Anzahl 19762  
 von 19.000 bis 19.999 Anzahl 25868  
 von 20.000 bis 20.999 Anzahl 38316  
 von 21.000 bis 21.999 Anzahl 38260

Erwartungswert: 28.678,43 €, zu 90,0% kleiner gleich 38.600,00 €, Standardabweichung: 5.829,28 €  
 Erwartungswert: 28.673,49 €, zu 90,0% kleiner gleich 38.600,00 €, Standardabweichung: 5.831,99 €  
 Erwartungswert: 28.677,71 €, zu 90,0% kleiner gleich 38.600,00 €, Standardabweichung: 5.834,19 €  
 Erwartungswert: 28.678,53 €, zu 90,0% kleiner gleich 38.600,00 €, Standardabweichung: 5.834,35 €

Abbildung 34: Modul zum Testen der Monte-Carlo-Simulation

Der Test zeigte, dass ein Ausschluss des Zufalls nicht möglich ist, weswegen selbst bei identischen Grunddaten, einer hohen Anzahl an Durchläufen und relativ breiten Ergebnisbereichen (Schritte je 1.000 €) zwischen jeder Simulation Unterschiede auftreten (siehe Markierung in Abbildung 34). Die Zuverlässigkeit des Systems in Relation zu verschiedenen Auswertungen wird im Kapitel 11.3 noch einmal ausführlich erläutert.

In dem kleinen Beispielprojekt ist ebenfalls gut erkennbar, wie sich die schrittweise Eingrenzung der möglichen Maßnahmen sowie die Beeinflussung von Eintrittswahrscheinlichkeiten auf die Verteilung der Ergebnisse auswirkt. Die Kurve in Abbildung 35 gibt dabei die absolute Verteilung von jeweils 10.000 Ergebnissen auf Bereiche mit einer Schrittgröße von 1.000 € an. Der schwarze Balken zeigt das arithmetische Mittel, die blauen Balken das Mittel +/- Standardabweichung und der rote Balken die Grenze, unter der 90% der Ergebnisse liegen. Es ist deutlich zu sehen, dass schon bei wenigen Maßnahmengruppen sich die Ergebnisse im mittleren Bereich häufen und am Rand die Wahrscheinlichkeit abnimmt.

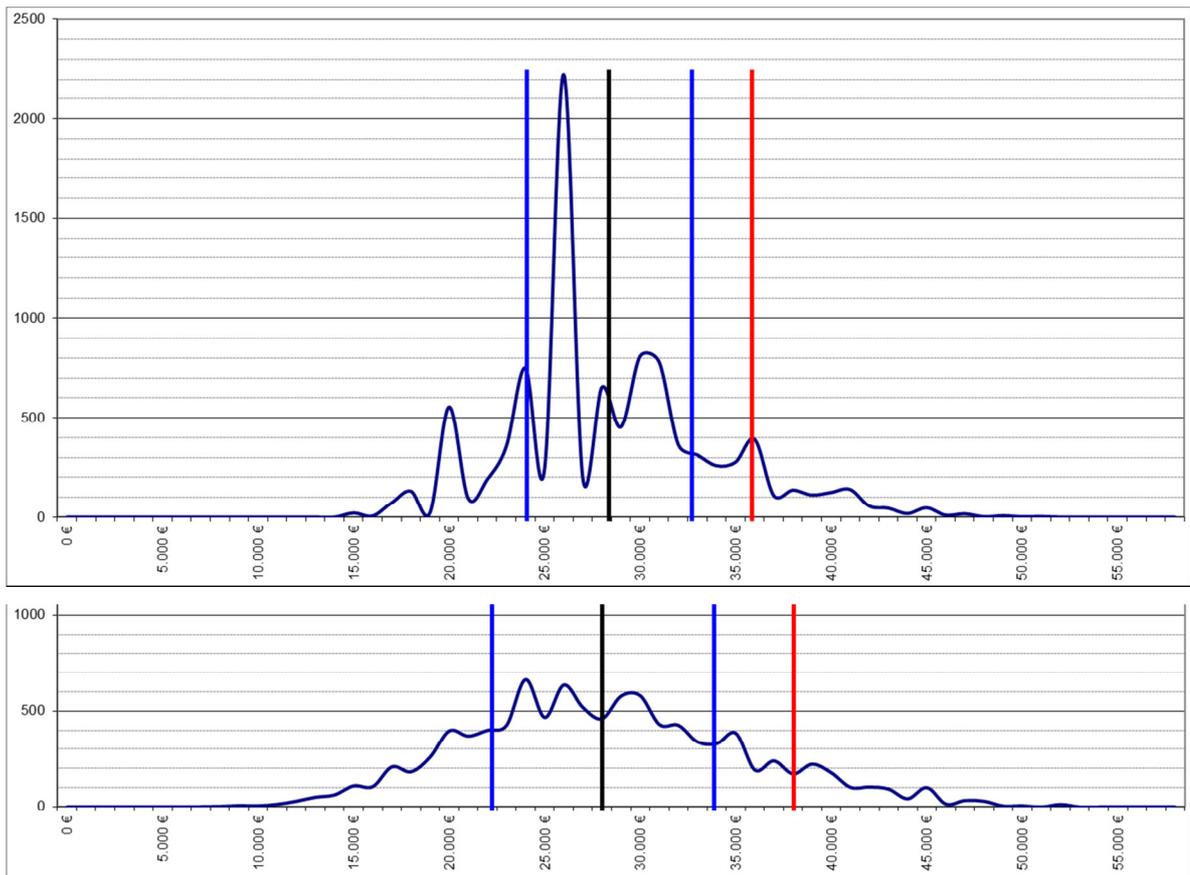


Abbildung 35: Verteilung der Ergebnisse in unterschiedlichen Phasen der Erfassung

Zwischen den verschiedenen Phasen (unten Phase 1, oben Phase 2) ist nicht nur eine Verdichtung der Ergebnisse auf einen bestimmten Bereich, sondern die Ausbildung verschiedener Bereiche mit hohen Wahrscheinlichkeiten erkennbar. Dazu ist eindeutig ersichtlich, dass der Erwartungswert als Mittelwert aller Ergebnisse nicht das wahrscheinlichste Ergebnis sein muss. In einer realistischen Auswertung mit Berücksichtigung von deutlich mehr Maßnahmengruppen und Unschärfe wären die Kurven glatter, die grundlegende Form und die Unterschiede zwischen den Phasen würden sich jedoch in ähnlicher Weise zeigen.

## 11.2 Mögliche Aussagen

Welche Aussagen lassen sich aus diesen Auswertungen gewinnen?

Für einen Planer oder Auftraggeber (ohne größere Erfahrung im Bereich der Wirtschaft und des Risikomanagements) ist die Angabe von vielen möglichen Ergebnissen oder einer Kurve mit einer Wahrscheinlichkeitsverteilung möglicher Ergebnisse schwer nachvollziehbar. Im Vergleich zu der sonst üblichen Angabe eines konkreten Wertes zur Kostenberechnung mit sprachlich ergänzten oder gedachten Aussagen zu möglichen Schwankungsbreiten, ist die präzise Angabe der Unsicherheit ungewohnt und verursacht allein durch die ein ungutes Gefühl zu den vielen offenen Fragen und Problemen.

Ohne die weiteren statistischen Auswertungen und Vergleiche zu Budgetvorgaben oder üblichen Werten, sind die Ergebnisse der Simulation damit noch keine echte Verbesserung gegenüber der Angabe eines einzelnen Wertes. Der Vorteil liegt jedoch darin, dass auf Basis dieser Daten weitere Aussagen möglich sind, die an die Wünsche und den Informationsbedarf der Auftraggeber angepasst werden können.

Zum direkten Vergleich mit klassischen Methoden lassen sich der Erwartungswert und mögliche Grenzwerte aus den Daten gewinnen. Der Erwartungswert ist dabei nicht unbedingt das arithmetische Mittel (die Summe durch die Anzahl aller Ergebnisse) sondern der Median, bei dem jeweils die Hälfte aller anderen Ergebnisse darunter oder darüber liegt. Weder der Erwartungswert noch das arithmetische Mittel müssen den wahrscheinlichsten Wert abbilden.

Der Grenzwert ist ohne weitere Einschränkung das größte und das kleinste Ergebnis der Simulation als Rahmen des technisch denkbaren. Dieser Grenzwert kann je nach Unschärfe der Eingangsdaten auch über den für Neubau in der Literatur angegebenen möglichen und juristisch vertretbaren Abweichungen liegen. Hierzu soll jedoch auf die erhöhten Bandbreiten beim Bauen im Bestand verwiesen werden, die u.a. Neddermann für Altbauten mit mittlerem Zustand angibt mit +/-70% für Kostenschätzungen und +/-45% für Kostenberechnungen<sup>223</sup>.

Unter Berücksichtigung einer kompletten Aufnahme der Grobelemente bis zum Kostenrahmen und der wichtigsten Elemente bis zur Kostenschätzung werden

---

<sup>223</sup> Neddermann (2007); S. 57

solche erheblichen Abweichungen mit dem vorliegenden System kaum zu erreichen sein. Diese Maximalwerte sind ohnehin eher theoretischer Natur, da die Wahrscheinlichkeit des Eintrittes in einem Projekt gering ist und durch Gegensteuerungsmaßnahmen die Auswirkungen solcher abweichenden Ermittlungen zumindest teilweise aufgefangen werden können.

Je nach Risikoempfinden des Auftraggebers ist für die Fortführung der Planung in den frühen Leistungsphasen keine absolute Sicherheit erforderlich. Üblich sind in der Entscheidungstheorie eher Grenzwerte mit relativer Sicherheit, bei denen jeweils 90, 95 oder 99 % der Ergebnisse kleiner bzw. größer sind. Solche Ermittlungen eines Value at Risk (VaR) oder eines Conditional Value at Risk (CVaR)<sup>224</sup> können mit einem Konfidenzniveau nach Auswahl des Auftraggebers mit geringem Aufwand aus den Ergebnissen der Simulation ermittelt werden.

In dem Beispielprojekt mit 10.000 Durchläufen, das schon in Abbildung 35 vorgestellt wurde, konnten für die verschiedenen Aussagen folgende Ergebnisse ermittelt werden:

- Erwartungswert EW = 28.000 €
- arithmetisches Mittel = 28.526 € (EW + 2%)
- wahrscheinlichster Wert = 26.000 € (EW - 7%)
- kleinstes / größtes Ergebnis = 15.000 € / 51.000 € (EW - 46% / + 82%)
- Konfidenzintervall 99% = 17.000 € / 44.000 € (EW - 39% / + 57%)
- Konfidenzintervall 95% = 20.000 € / 39.000 € (EW - 29% / + 39%)
- Konfidenzintervall 90% = 22.000 € / 36.000 € (EW - 21% / + 29%)

Der Erwartungswert und die Grenzwerte wurden zur Verdeutlichung in Abbildung 36 grafisch dargestellt. In Relation zu einer üblichen Kostenschätzung ist festzustellen, dass nur das größte Ergebnis über dem vertretbaren Rahmen gem. Neddermann liegt.

---

<sup>224</sup> vgl. Gondring (2015); S. 285 ff.

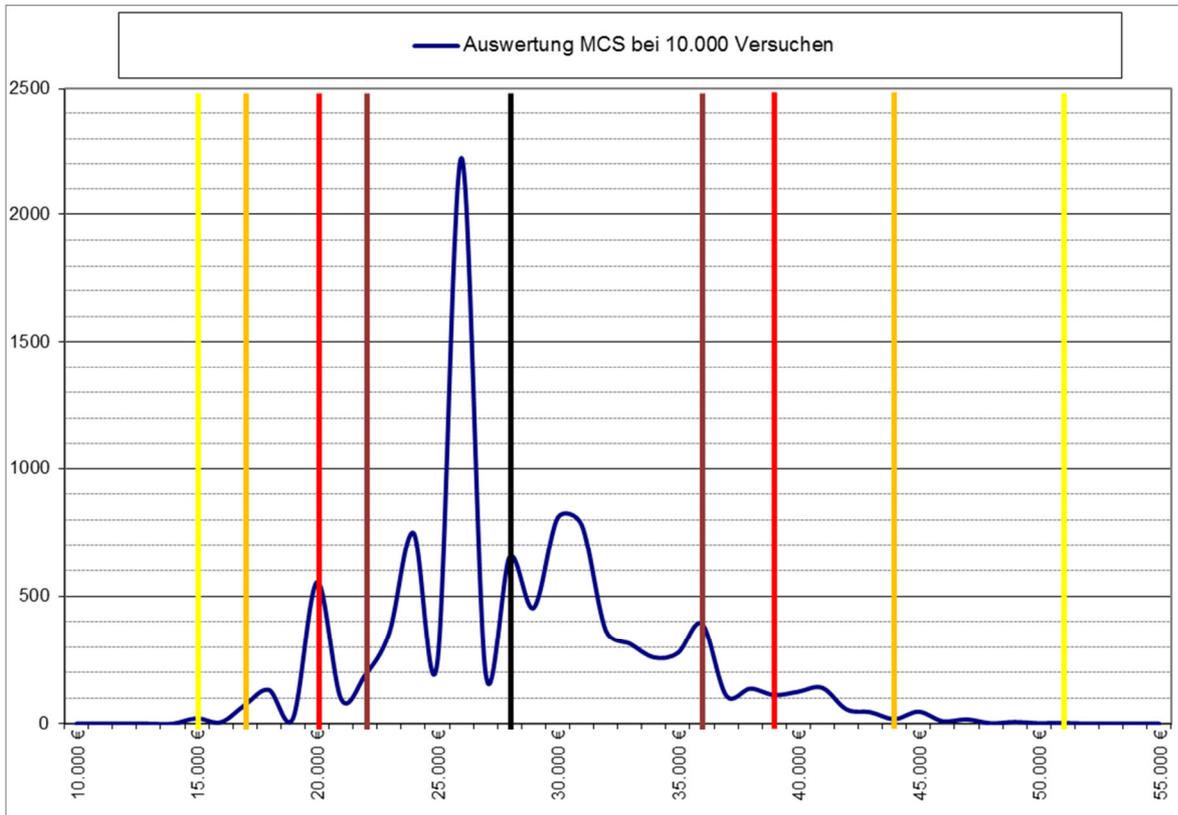


Abbildung 36: Verteilung einzelner Werte der Ermittlung

In der aktuell gängigen Praxis wird der Planer bei einer Kostenschätzung nicht den Erwartungswert als Ergebnis erhalten, da dieser erst durch die Wichtung der Wahrscheinlichkeit gebildet wird, sondern unter Berücksichtigung von Annahmen hoffentlich einen der wahrscheinlichsten Werte. Dazu erhält der Auftraggeber eine nicht belastbare Aussage, dass z.B. gemäß der Methode von Neddermann „Sicherheiten in der Größenordnung von +/- 20 bis 30% bei Kostenschätzungen ... möglich“<sup>225</sup> sind. Bei dem hier betrachteten Beispiel bedeutet diese bisher übliche Aussage eine Schätzung von 26.000 € und eine mögliche Schwankungsbreite von +/- 7.800 €. Welcher Wert innerhalb dieses (in Abbildung 37 hellblau markierten) Bereiches vom Auftraggeber verwendet werden soll, wie sicher diese Angabe ist oder ob nicht doch der juristisch vertretbare Rahmen (magenta markiert) zu berücksichtigen ist, kann dabei aufgrund fehlender Ermittlungsmöglichkeiten nicht präziser bestimmt werden.

<sup>225</sup> Neddermann (2007); S. 60

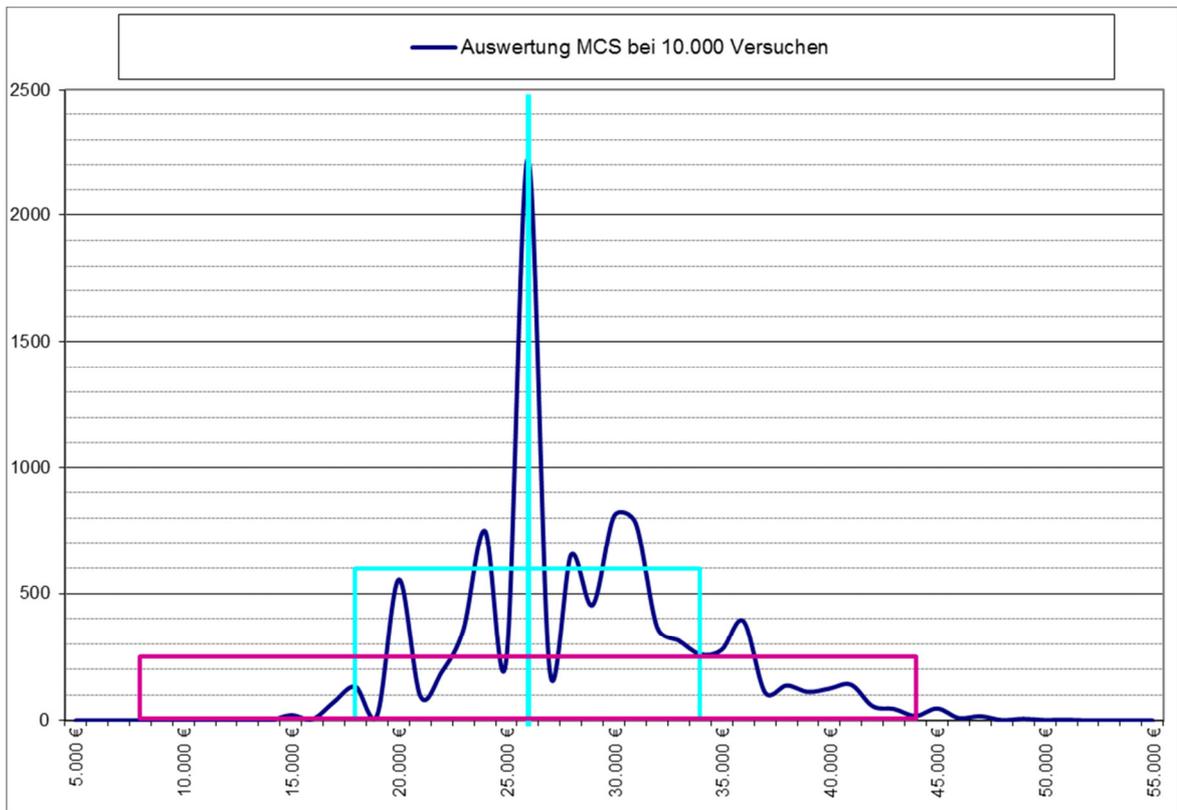


Abbildung 37: Vergleich der Ermittlung mit bislang üblichen Kostenaussagen

Mit dem hier konzipierten System ist im Gegensatz dazu auch eine gezielte Auswertung nach einem oder mehreren Budgetwerten möglich. Aus den Ergebnissen lässt sich umgekehrt zum VaR ermitteln, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein bestimmtes Ergebnis über- oder unterschritten wird. Im Rahmen der Risikobetrachtung lassen sich hier mehrere Bereiche eingrenzen wie die Chance, ein erwartetes Risiko, ein unerwartetes Risiko und ein Restrisiko<sup>226</sup>.

Für das verwendete Beispiel könnten aus der vorherigen Ermittlung (siehe Abbildung 35 unten) der Erwartungswert und die Standardabweichung als Basis für diese Risikodefinitionen herangezogen werden. Aus der Verteilungskurve bzw. den zugrunde liegenden Daten lassen sich damit folgende Wahrscheinlichkeiten für die definierten Risikobereiche ermitteln:

- Chance bis 28.200 € – 53% Wahrscheinlichkeit (grün)
- erwartetes Risiko 28.200 bis 34.000 € – 32% (gelb)
- unerwartetes Risiko 34.000 bis 39.800 € – 11% (orange)
- Restrisiko ab 39.800 € – 4% (rot)

<sup>226</sup> vgl. Gondring (2007); S. 18

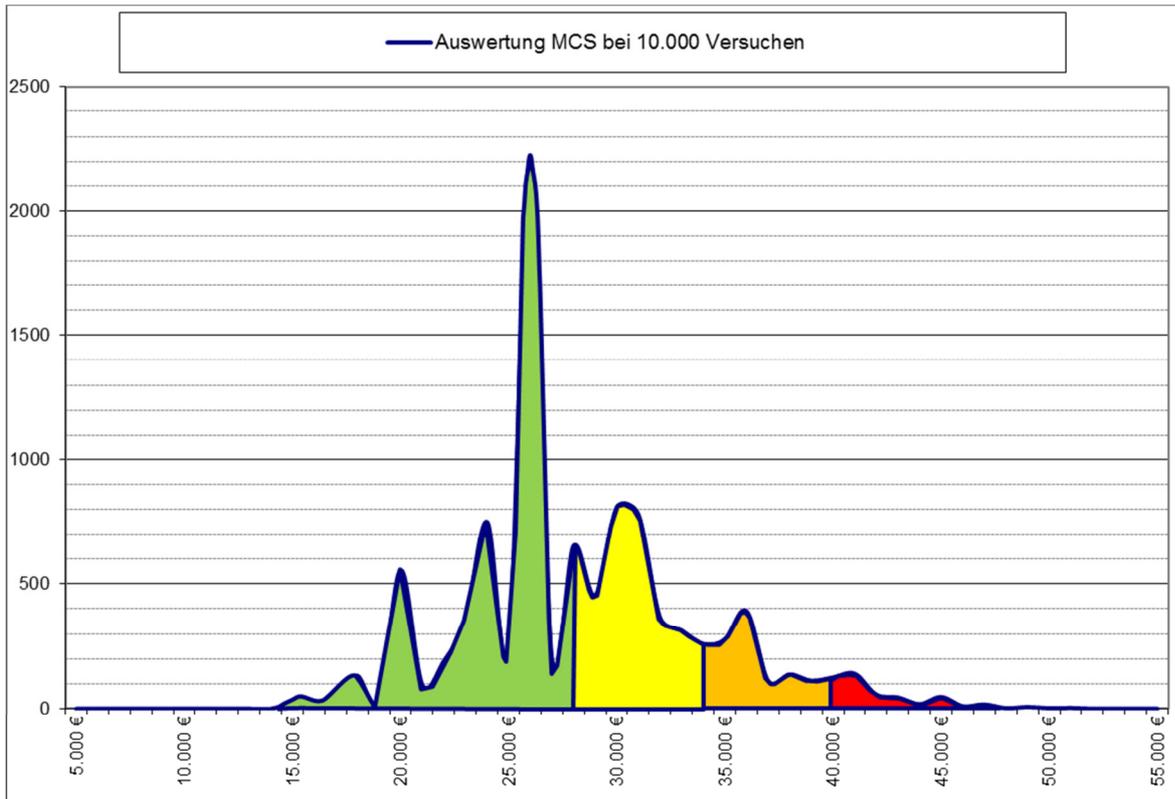


Abbildung 38: Risiko-Vergleich der Ermittlung mit vorherigen Budget- oder Risikowerten

Für die verschiedenen Gesamtrisikobereiche kann der Auftraggeber in diesem Fall Liquiditätsreserven, Steuerungsmaßnahmen oder ggf. Exitstrategien vorbereiten und bei Konkretisierung der Ergebnisse in den nächsten Planungsphasen durchsetzen. Bei geringer Risikoaffinität sind darüber hinaus gezielte Eingriffe durch Identifikation und Vermeidung bestimmter Risiken möglich.

Zu diesem Zweck sind bei konsequenter Umsetzung des Systems unterschiedliche Simulationen möglich, die nur noch bedingt mit den klassischen Systemen vergleichbar sind. So könnten in einer Simulation alle Planungsvarianten auf die jeweilige Vorzugsvariante festgelegt werden, was der ursprünglichen Ermittlung unter Annahmen entspricht. In weiteren Simulationen können dann auch einfachere oder aufwendigere Varianten zugelassen oder festgelegt werden, wodurch die noch mögliche Beeinflussbarkeit des Projektes erkennbar wird. Variantenuntersuchungen und zusätzliche Auswertungen werden im Kapitel 11.4 noch genauer betrachtet.

### 11.3 Zuverlässigkeit

Wie zuverlässig und präzise sind die Ergebnisse der Auswertungen?

Im System werden viele Ergebnisse ermittelt, die bedingt durch Unschärfe und Zufallszahlen jedes für sich keine verlässliche Aussage zulassen. Zwischen dem kleinsten und dem größten Ergebnis liegt im o.a. Beispiel der Faktor 3,4. Trotzdem werden auf Grundlage dieser Ergebnisse sehr präzise Aussagen zu Risiko- und Wahrscheinlichkeitsverteilungen getroffen.

Das Gesetz der großen Zahlen bewirkt überall dort, wo sich viele Zahlen ergeben, eine hohe Genauigkeit. Je größer die Stichprobe ist, desto genauer lassen sich für weitere Stichproben Werte vorhersagen. Das bereits beschriebene MCS-Modul wurde unter anderem entwickelt, um die Präzision der Simulation und den erforderlichen Rechenaufwand bestimmen zu können. Durch die mehrfache Ausführung von Simulationen mit den gleichen Eingangsdaten lassen sich Streuungen des Systems gut ermitteln.

Die erste Frage, die sich bei Angaben zur Zuverlässigkeit stellt, ist die Präzision der gewünschten Aussage. In der gängigen Praxis werden Ergebnisse zu Kostenermittlungen auch in frühen Planungsphasen häufig auf Cent genau angegeben, was in Relation zu den Unsicherheiten (20, 30 oder 70% Abweichung) eine geradezu absurde Scheingenauigkeit vermittelt. Angaben, die eine Präzision deutlich unter einem Prozent des Betrages ausweisen, sind in Kostenschätzungen und Kostenberechnungen nicht seriös.

In dem konzipierten System wird durch die Bandbreite einzelner Ergebnisse die Präzision der Aussage bzw. der Rechenaufwand direkt beeinflusst. Im Modul wurde demzufolge auf eine Genauigkeit unter 1.000 € verzichtet, was eine Bandbreite pro Schritt von 3-4% des Erwartungswertes bedeutet. Eine engere Bandbreite von z.B. 1% würde bei gleichen Präzisionsanforderungen den 3- bis 4-fachen Rechenaufwand verursachen.

Bei dem o.a. Beispiel wurden in einer Simulation 10.000 Szenarien durchlaufen, was zu den Ergebnissen aus Kapitel 11.2 geführt hat. Die gleiche Simulation wurde jedoch viermal durchgeführt und im Anschluss die Ergebnisse miteinander verglichen. Dabei konnte festgestellt werden, dass der Erwartungswert in allen Fällen mit 28.000 € konstant war und auch das wahrscheinlichste Ergebnis jeweils

26.000 € betrug. Das arithmetische Mittel streute zwischen 28.389 und 28.537 € (Bandbreite ca. 0,5%). Die Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Bereiche (z.B. Chance, erwartetes Risiko, etc.) schwankten in einer Bandbreite bis 1,2 Prozentpunkten, wodurch Aussagen im mittleren Bereich der Simulationsergebnisse als sehr präzise angesehen werden können.

Die Zuverlässigkeit sinkt jedoch bei einer solchen geringen Zahl an Szenarien bei Aussagen im Randbereich der Simulation. Hier traten in den anderen 3 Durchläufen einzelne noch kleinere (13.000 €) bzw. noch größere (bis 54.000 €) Ergebnisse auf. Die Grenzen für die Konfidenzintervalle von 99, 95 und 90% wurden jedoch auch in den anderen Durchläufen erzielt.

In Summe kann durch den Versuch bestätigt werden, dass alle Aussagen mit Wahrscheinlichkeitsbezug bereits mit 10.000 Szenarien Präzision von nutzbarer Größe erzielen. Die absolut kleinsten und größten Ergebnisse können auch auf einfacherem Weg durch festgelegte Szenarien ermittelt werden. Die verbleibenden Abweichungen sind gut durch Übereinanderlegen der Kurven in nachfolgender Grafik erkennbar.

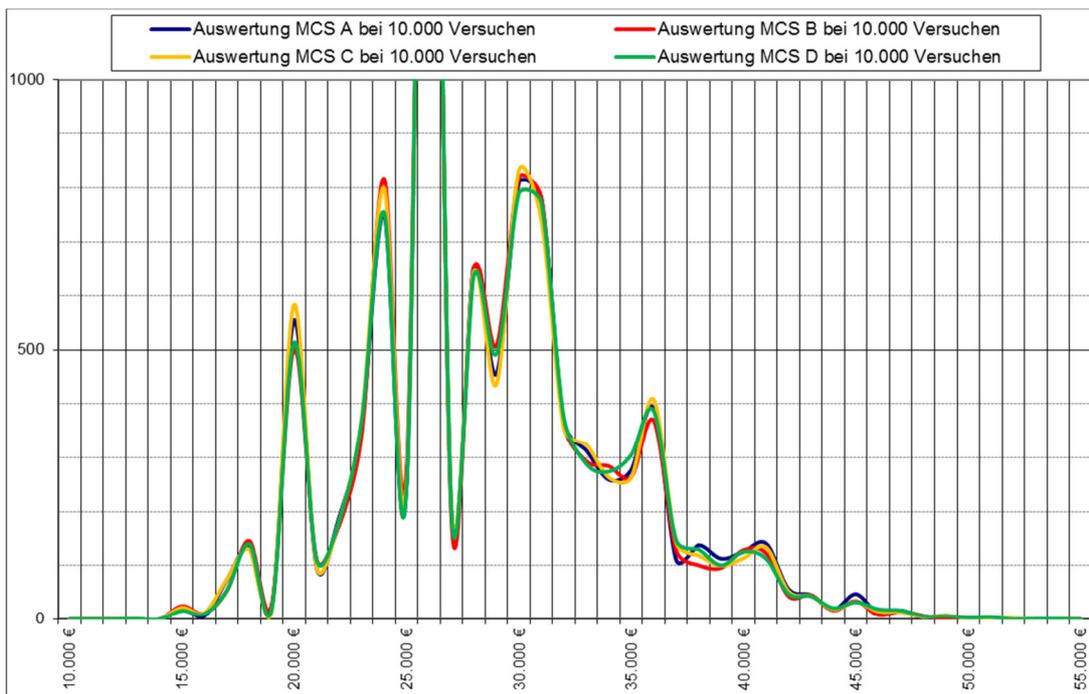


Abbildung 39: Vergleich der Ergebnisse von Simulationen gleicher Ausgangsdaten

Selbst bei umfangreicheren Projekten mit z.B. 1.000 Bauelementen (entspricht ca. 75-90 Räumen) ist eine Auswertung mit dieser Präzision in deutlich weniger als 10 Sekunden möglich, wodurch sogar ein Einsatz parallel zur Erfassung oder

Planung möglich wird. Darüber hinaus können für abschließende Ermittlungen auch präzisere Simulationen durchgeführt werden. Bei einer Erhöhung der Anzahl auf 1.000.000 Szenarien nahm die Streuung/Ungenauigkeit des Erwartungswertes deutlich auf weniger als 0,02% ab, was im Rahmen von Kostenermittlungen vernachlässigt werden kann. Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass die Präzision der Ergebnisse an die Anforderungen des Nutzers angepasst werden kann und Fehler bzw. Abweichungen aus der Berechnungsmethode auf ein vertretbares Maß einzugrenzen sind.

#### **11.4 Zusätzliche Auswertungen**

Welche zusätzlichen Auswertungen lassen sich mit den vorhandenen Informationen erzielen?

Der große Vorteil des konzipierten Systems ist neben der Erhöhung der Präzision von Kostenaussagen die Möglichkeit, schon während der Erfassung und Planung verschiedene Varianten durchzuspielen und resultierende Auswirkungen zu erkennen. Die reine Auswertung eines definierten Planungsstandes hilft hauptsächlich dem Auftraggeber bei der Budgetplanung, die Optimierung des Objektes ist erst mit der Gegenüberstellung von Varianten als echte Entscheidungsvorlage möglich.

Hierbei sind je nach Anlass der Ermittlung verschiedene Auswertungen bzw. Gegenüberstellungen möglich:

- der Vergleich zwischen allen Vorzugsvarianten und allen mehr oder weniger aufwendigen Varianten zur Ermittlung der Kostenbeeinflussbarkeit
- der direkte Vergleich zwischen größeren Variantengruppen (z.B. zwischen reiner Instandsetzung und Instandsetzung mit energetischer Modernisierung) zur Abstimmung grundlegender Entscheidungen
- der direkte Vergleich zwischen einzelnen Varianten bei einer Planungsfrage (z.B. zwischen Außen- und Innendämmung oder zwischen verschiedenen Materialien bzw. Konstruktionen)

Je nachdem, wie umfangreich die Variantenuntersuchungen sind, können die Auswirkungen direkt oder durch Vergleich von Simulationsergebnissen ermittelt werden. Beim direkten Vergleich von zwei Varianten, die jeweils fest zugeordnete Bauteile und Maßnahmen haben, können die Änderungen unter Vernachlässigung von Unschärfe und Einflüsse auf andere Bauteile mit einfacher Mathematik ermittelt werden. Wenn jedoch zumindest bei einer Variante mehrere Maßnahmen möglich sind, können in verschiedenen Szenarien unterschiedliche Differenzen auftreten. Diese können nur durch die Simulation aller möglichen Szenarien beurteilt werden.

Bei der Gegenüberstellung müssen alle betroffenen Bauteile in getrennten Simulationen (A1, A2, etc.) betrachtet werden, für die übrigen Bauteile ist, zur Vermeidung von Abweichungen innerhalb der im Vorkapitel erläuterten Präzision, die Ermittlung in einer Simulation (B) möglich. Der Vergleich erfolgt dann entweder (um Differenzen zu ermitteln) nur zwischen den Simulationen A1 und A2 oder (zur Darstellung der Auswirkungen auf das Gesamtergebnis) zwischen den kumulierten Simulationen A1+B und A2+B. Die Abweichungen zwischen 2 Varianten können dabei grundlegend verschieden sein:

- Parallelverschiebung der Ergebnisse bei gleichbleibenden zusätzlichen Aufwendungen (z.B. anderes Material)
- Verengung der Ergebnisbandbreite im Rahmen der vorherigen Grenzen bei planerischer Festlegung bestimmter Maßnahmen (z.B. Austausch aller Fenster)
- Überlagerungen aus den beiden vorherigen Punkten (z.B. Dämmung der Außenwand statt Instandsetzung nach Bedarf)
- Erweiterung der Bandbreite möglicher Ergebnisse (z.B. durch zusätzliche optionale Maßnahmen)

Zur Verdeutlichung werden für den zweiten und dritten Fall nachfolgend die Auswirkungen auf die Ergebnisse der Simulationen dargestellt. Hierzu wird das Beispiel aus den vorangegangenen Abbildungen um zwei Planungsvarianten ergänzt. Statt den drei möglichen Maßnahmen für die Außenwandbekleidung aus Abbildung 30 (Variante 1) wird in der Variante 2 nur die Maßnahme V3 (Putz entfernen, Mauerwerk ausbessern, Putz und Anstrich neu) sowie in Variante 3 eine alternative Maßnahme (Plattenbekleidung mit Unterkonstruktion auf Altputz und Dämmung, Ansatz 150 €/m<sup>2</sup>) ausgewertet.

Zwischen Variante 1 und 2 ändert und verengt sich die Kurve. Die oberen Grenzwerte ändern sich kaum, die unteren erheblich, da nur die günstigen Maßnahmen ausgeschlossen werden. Das arithmetische Mittel und der Erwartungswert verschieben sich um gut 3.000 €, der wahrscheinlichste Wert um 5.000 €. Im Gegensatz dazu verschieben sich zwischen den Varianten 2 und 3 sowohl die unteren als auch die oberen Grenzwerte und alle Mittelwerte relativ gleichmäßig um 6.000 bis 7.000 €. Für den Auftraggeber interessant sind die Aussagen im Bezug zu Budgetwerten. Die obere Grenze für das erwartete Risiko (34.000 €) wird bei Variante 1 in 85%, bei Variante 2 in 73% und bei Variante 3 in nur 13% der Szenarien nicht erreicht.

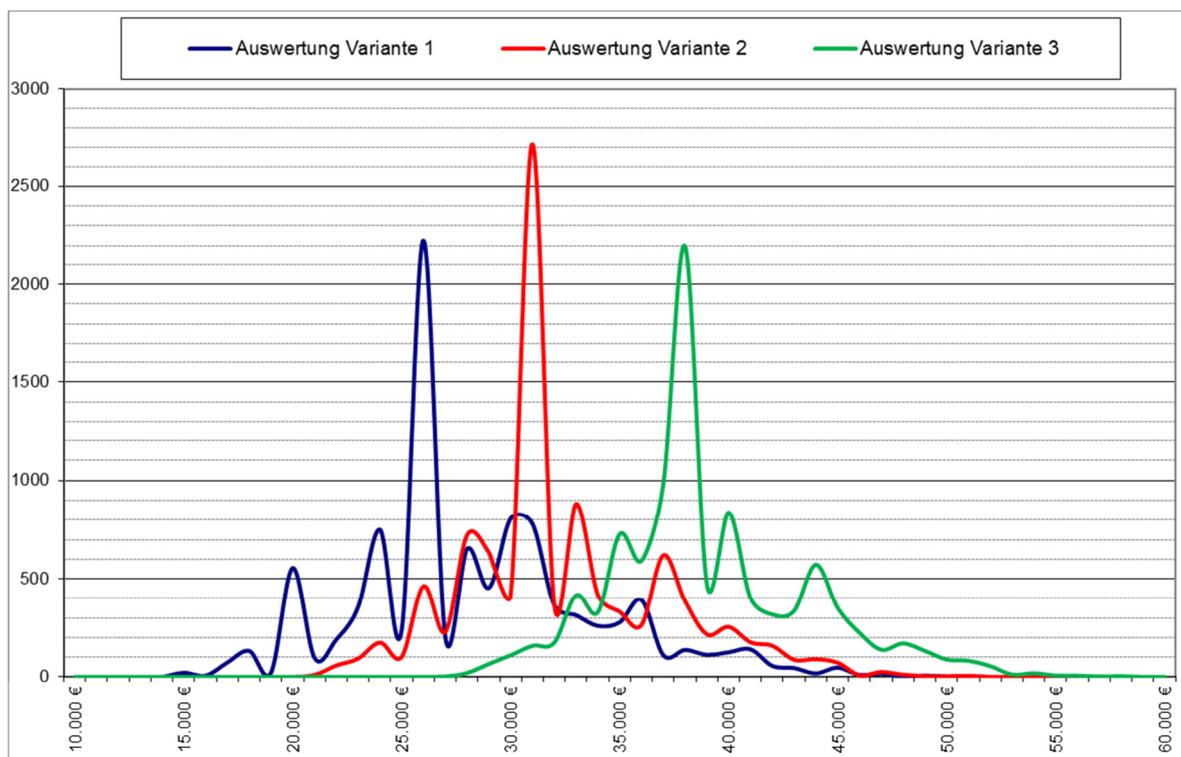


Abbildung 40: Vergleich der Ergebnisse von Simulationen verschiedener Varianten

Bis hierher wurden in den Beispielen lediglich die reinen Herstellkosten betrachtet. Diese haben aber nur für einen Teil der anstehenden Entscheidungen eine direkte Relevanz, da es häufig auf die langfristige Wirkung einer Investition ankommt. Bei dem Variantenvergleich müssen demnach zusätzlich der Faktor Zeit (Kosten während der Nutzung sowie Aufwendungen bei später folgenden Instandsetzungen) und die alternativ zu erbringenden Leistungen zur Erfüllung gesetzlicher Vorgaben (Anforderungen EnEV bei der Sanierung eines bestimmten Fassadenanteils) berücksichtigt werden. Die zusätzlichen Anforderungen sind

durch den Nutzer des Systems bei der Festlegung von Planungsvarianten zu bestimmen, wobei das Planungsmodul sinnvolle Alternativen aus vordefinierten Datensätzen und abgeschlossenen Projekten zur Auswahl anbieten kann.

Bei konsequenter Umsetzung des Systems sind auch zeitabhängige Simulationen möglich. Der große Aufwand liegt nicht in der Programmierung der zusätzlichen Auswertungen sondern in der Integration der Daten zu üblichen Nutzungsdauern und für die Ökobilanzierung zu ökologischen Aufwendungen. Da diese Daten für Neubausysteme bereits vorhanden sind (Beispiel LEGEP), wird vom Verfasser für die Umsetzung des konzipierten Systems die Integration der Daten vorausgesetzt.

Auch bei solchen komplexen Variantenuntersuchungen ist die Berücksichtigung von Unschärfe bei Mengen oder von Unsicherheiten bei Risiken möglich. Mit zunehmendem Berechnungsaufwand und zusätzlicher Unschärfe durch Berücksichtigung möglicher zukünftiger Entwicklungen werden die Ergebnisse jedoch unpräziser, was zwar Variantenvergleiche mit Tendenzen aber keine definitiven Ergebnisse zulässt. An dieser Stelle müsste entweder auf klare Annahmen (z.B. zur jährlichen Inflation und zur Gesamtnutzungsdauer wie bei Lebenszyklusbetrachtungen nach DGNB) zurückgegriffen werden oder eine Entscheidung unter größerer Unsicherheit in Kauf genommen werden. Im Gegensatz zu den bisherigen Möglichkeiten der Ermittlung, wäre mit dem konzipierten System aber überhaupt eine Aussage mit Zeitbezug als Grundlage für Optimierungen möglich.

## **11.5 Entscheidungsvorlagen**

Wie sollten die Ergebnisse dem Auftraggeber zur Entscheidungsfindung übergeben werden?

Zwei grundsätzliche Anforderungen an die Verbesserung des Planens im Bestand sind die Vermeidung von manuellen Arbeitsschritten und die Erhöhung der Transparenz. Aus diesem Grund sind einzelne Simulationen und anschließend daraus gewonnene Ergebnisse nur einzelne Schritte, die ohne Zusammenfassung und Aufbereitung im System das Ziel noch nicht erreichen. Bei Entscheidungen ist

darüber hinaus immer der Empfängerhorizont zu berücksichtigen, weswegen die Unterlage weder zu einfach noch zu kompliziert sein darf.

Aus Sicht des Verfassers kann es sich bei einer Entscheidungsvorlage nur um ein vollständiges Dokument mit allen grundlegenden Daten, daraus gewonnen Informationen und zum Abschluss vordefinierten Zusammenfassungen handeln. Ein gutes Beispiel hierfür sind EnEV-Berechnungen, die ausgehend von den verwendeten Bauteilen über Zwischenergebnisse bis zum Energieausweis jedem Nutzer die Informationen bereitstellen, die er benötigt. Der Informationsgehalt steigt dabei von „Grenzwert wird eingehalten“ über eine Energieeffizienzklasse, verschiedene Energieverbräuche und einzelne Bewertungen immer weiter an.

Im System sollten für eine Reihe von Anlässen ähnliche vordefinierte Vorlagen enthalten sein, die dem Nutzer den Aufwand zur Dokumentation von Ergebnissen abnehmen. Dabei kann grundlegend zwischen zwei Formen unterschieden werden:

1. Projektdokumentation zu einem bestimmten Planungsstand
2. Dokumentation von Variantenuntersuchungen für anstehende Entscheidungen

Für den Vergleich zwischen dem aktuellen Stand bzw. Varianten und vorherigen Projektdokumentationen sollten deren wichtigste Ergebnisse zusätzlich im System abgelegt werden. Dies dokumentiert zum einen den zunehmenden Fortschritt der Planung und zum anderen wichtige Veränderungen zu vorherigen Ständen und unterstützt somit die Arbeit des verantwortungsbewussten Planers.

In der Projektdokumentation sollten mindestens folgende Informationen ggf. in abweichender Reihenfolge enthalten sein:

- allgemeine Informationen zum Projekt (siehe Abb. 26)
- Informationen zum Bearbeiter, ggf. dem Projektteam
- ein Bauteilkatalog mit Angaben
  - o zum Stand der Erfassung (konstruktiv, quantitativ, qualitativ)
  - o zu zugeordneten Maßnahmengruppen
  - o zum Risiko bzw. der Unschärfe der Ermittlungsergebnisse
- Aufstellungen über offene und festgelegte Planungsvarianten mit Zuordnung zu Bauteilen
- Aufstellungen von Mängeln mit Angaben analog zum Bauteilkatalog

- Auflistungen der größten Unsicherheiten und der wichtigsten anstehenden Entscheidungen
- Übersichten zu verwendeten Bauteildatenbanken sowie über den Stand der daraus entnommenen Daten
- Zusammenstellungen der Simulationsergebnisse getrennt nach
  - o Herstellkosten
  - o Lebenszykluskosten
  - o Ökobilanzen
- grafische Aufbereitungen der Ergebnisse
- Ermittlung und Aufstellung der wichtigsten Projektkennwerte und Projektparameter gem. Abbildung 5 (siehe Kapitel 2.3)
- Vergleiche der Kennwerte und Parameter mit den vorherigen Dokumentationen
- einseitige Zusammenfassung der wesentlichen Informationen für den Auftraggeber in Bezug zu den Zieldefinitionen

Für Variantenuntersuchungen kann auf einzelne nicht berührte Bestandteile verzichtet werden, wobei dies vom Umfang der Auswirkungen abhängig ist. Wichtig ist dort neben den Simulationsergebnissen und dem Vergleich der Varianten auch der Vergleich mit den Zieldefinitionen oder zumindest den letzten Projektdokumentationen, damit der Mehrwert der ausgewählten Variante für den Entscheidenden sichtbar wird. Neben den rein quantitativen Auswertungen aus dem System, sind zusätzliche Erläuterungen zu qualitativen Unterschieden ggf. mit Unterstützung von grafischen Informationen vorzusehen.

Zur Vermeidung von späteren Differenzen sind eine fortlaufende Nummerierung und ggf. auch eine Bestätigung von Entscheidungsvorlagen sinnvoll. Die Übernahme der Festlegungen im System kann dann mit Verweis auf die Dokumentation erfolgen und die Entscheidungen des Auftraggebers sind deutlich einfacher nachvollziehbar.

## **12 Änderungen im Projektablauf**

### **12.1 Zusätzliche Anforderungen**

Zusammen mit den Möglichkeiten, die ein digitales Gebäudemodell dem Nutzer bieten kann, steigen auch Anforderungen an den Nutzer bei der Bearbeitung. Den Planern ist ein Teil dieser Änderungen bereits aus dem Neubaubereich bekannt, sie konnten in dieser Form beim Bauen im Bestand bislang nicht umgesetzt werden. Entscheidend für die Verbesserung des Planungsprozesses ist, dass die Vorteile überwiegen und nicht nur zusätzlicher Aufwand produziert wird.

Eine große Umstellung wird für den erfahrenen Bestandsplaner das konsequente Arbeiten mit dem Gebäudemodell sein. Die technischen Anforderungen an die Arbeitsumgebung des Nutzers sowie insbesondere dessen Verständnis des Systems müssen dabei vorausgesetzt werden. Die Umstellung wird deutlich erleichtert, wenn viele aus der Realität abstrahierte Strukturen und herkömmliche Arbeitsweisen auf die digitale Welt übertragen werden.

So wurde im Forschungsprojekt „ZBau Bestandserfassung“ bei der Datenerfassung viel Wert auf die Entwicklung einer skizzenbasierten Oberfläche gelegt, mit der die Vorteile unpräziser aber informationsreicher Papierskizzen und gut dokumentierter sowie nachbearbeitbarer digitaler Eingaben vereint werden. Genauso darf auch die Auswahl von vordefinierten Datensätzen nicht zu einem Scrollen und Markieren in endlosen Listen werden, sondern muss dem Nutzer wie das Blättern in einem vertrauten Fachbuch erscheinen. An dieser Stelle kommt den neuen technologischen Möglichkeiten wie der Spracherkennung und intelligenten Suchfunktionen eine entscheidende Rolle zu, denn ein Vorteil entsteht nur, wenn die Suche schneller und einfacher wird als bisher.

Die Präzision der Ergebnisse wird maßgeblich beeinflusst von der Qualität der hinterlegten Daten, weswegen die Vervollständigung der Bauteilinformationen eine wichtige Aufgabe ist. Es kann aber nicht die Aufgabe des Nutzers sein, wie bisher händisch Daten, die in vielen verschiedenen Datenbanken und Fachbüchern vorhanden sind, zu sinnvollen Bauteilen zusammenzufügen. An dieser Stelle ist es sinnvoll, den Aufwand der Datenpflege und Datengewinnung aus abgeschlossenen Projekten speziellen Dienstleistern zu überlassen und dem Nutzer die Möglichkeit der Evaluierung dieser Daten im System zu eröffnen.

Die Entlastung bei der Datenverwaltung im Projekt ergibt sich für den Nutzer nur, wenn die Weiterverwendung und Dokumentation der erfassten Informationen möglichst reibungslos in einem oder mehreren verbundenen Systemen funktioniert. Neben der Eingabe ist hier auch die Bearbeitung von Bauteilen in bisherigen Planungssystemen als Schwachpunkt zu sehen, die oft kryptisch und schon früh in einem sehr hohen Detaillierungsgrad erfolgen muss. Die Möglichkeit zu einer kreativen und intuitiven Arbeitsweise, in der Ideen einfacher abgebildet und erst im Nachgang ausformuliert werden können, ist ein entscheidender Vorteil für den Nutzer.

Trotzdem wird die Entlastung bei der Erfassung und Verwaltung einzelner Informationen nicht zwangsläufig zu einer Verringerung des Gesamtaufwandes der Planung führen. Ziel des konzipierten Systems ist es, dass in gleicher Zeit präzisere Informationen in hoher Quantität erfasst werden und zusätzliche Auswertungen für Optimierungen erfolgen. Hierzu muss der Planer mit seinem funktionalen und konstruktiven Verständnis deutlich mehr Zeit im und mit dem Bestandsobjekt verbringen als bisher. Da die Erfassung wesentlicher Informationen in frühen Leistungsphasen für die Planung große Vorteile bringt, muss aus Sicht des Verfassers die Grundlagenermittlung bei Bestandsprojekten deutlich ausgeweitet werden.

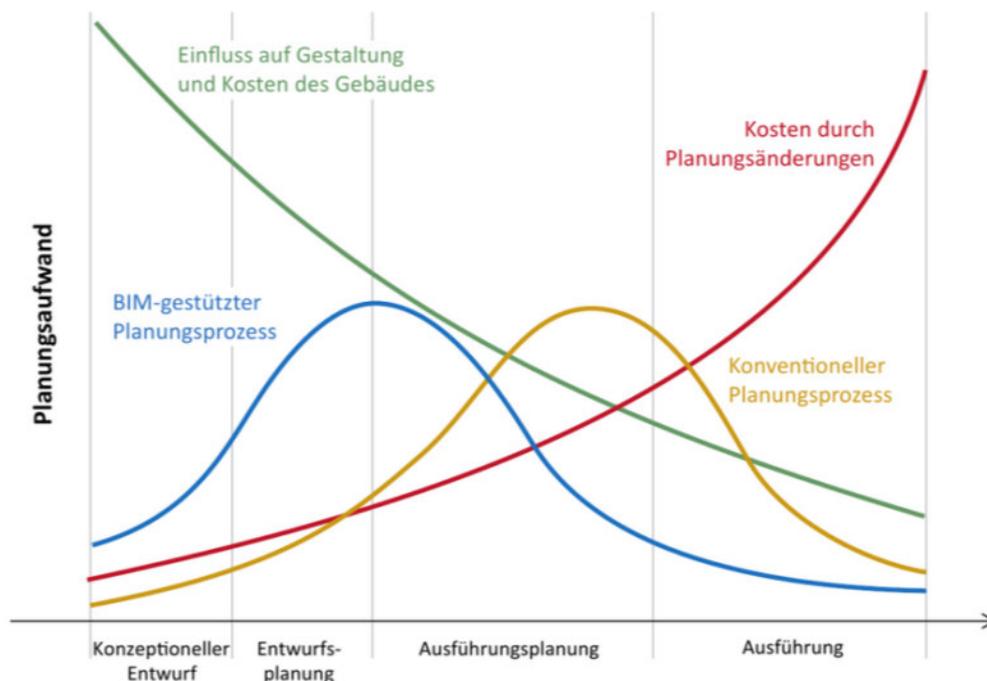


Abbildung 41: Verschiebung des Planungsaufwandes durch Einführung des BIM beim Neubau<sup>227</sup>

<sup>227</sup> Borrmann (2015); S. 6

Als Ergebnis dessen steht zum Abschluss der Grundlagenermittlung eine umfangreiche Dokumentation der Bestandssituation, auf deren Basis erste verbindliche Festlegungen und Zielvorgaben abgestimmt werden können. Neben den üblichen Werten zu Herstellkosten, Terminen und Nutzungswerten sollten auch bei Bestandsprojekten deutlich mehr langfristige und ökologische Kriterien berücksichtigt werden.

Die Planer müssen sich somit in der Planung nicht nur mit der Instandsetzung und der gestalterischen Verbesserung auseinandersetzen, sondern auch immer mehr mit Nachhaltigkeitsaspekten. Hierfür sind zusätzliche Informationen zu erheben, zusätzliche Varianten zu untersuchen und zusätzliche Planungsabsichten zu bestimmen, was zwangsläufig zu zusätzlichem Aufwand führt. Neben der geistigen Tätigkeit des Planers gehören hierzu auch zusätzliche Anforderungen an die Kommunikation und Dokumentation. Eine wichtige Unterstützung ist, neben der Automatisierung der Auswertungen, die Vorbereitung und Pflege von standardisierten Entscheidungsvorlagen und Projektdokumentationen im System, die ebenfalls von Dienstleistern übernommen werden kann.

## **12.2 Möglichkeiten der Steuerung**

Nicht nur die Planer sind von den steigenden Anforderungen des Systems betroffen, sondern auch die Auftraggeber. Wenn durch den Planer zum Abschluss von Planungsphasen oder zur Entscheidung zwischen Varianten umfangreiche Dokumentationen bereitgestellt werden, sollten diese auch geprüft und verwertet werden. Ansonsten führt das System, mit höherem Aufwand und höherer Präzision der Vorhersagen, zu den gleichen Ergebnissen, die auch ohne dieses System erreicht werden können.

Die Ermittlungen und Zusammenstellungen entbinden den Planer nicht von seiner Beratungspflicht. Je nach Fachkunde des Auftraggebers muss der Planer die übergebenen Unterlagen erläutern, Fragen beantworten und im Zweifelsfall als Sachwalter des Auftraggebers die Entscheidungen für diesen treffen. Die Festlegung von z.B. konstruktiven Details und die Verantwortung für die am Ende umzusetzende Lösung können ohnehin nur beim fachkundigen Planer bleiben.

Trotzdem bleiben auch für einen unerfahrenen Auftraggeber eine bessere Möglichkeit der Steuerung und eine höhere Verantwortung, da ihm nunmehr die erforderlichen Informationen für Entscheidungen vorliegen. Die Transparenz der Dokumentation kommt dem Planer zugute, da der Auftraggeber bei fehlendem Verständnis zumindest Fragen stellen muss.

Die wichtigsten Kriterien, möglichst präzise Zieldefinitionen zu diesen Kriterien und der Umgang mit nicht erreichbaren Zieldefinitionen sollten im Idealfall schon vor aber spätestens nach der Grundlagenermittlung vereinbart sein. Zu diesen anfänglichen Festlegungen ist eine weitere Professionalisierung beim Auftraggeber und ggf. eingebundenen Nutzern erforderlich. Hier bietet sich bei unerfahrenen Auftraggebern eine Verstärkung oder zumindest eine Beratung zu nachhaltigen Anforderungen an.

Schon während der ersten Erfassung kann ein Abgleich der Möglichkeiten aus dem Bestandsobjekt mit den Zieldefinitionen erfolgen. Der Planer hat die Möglichkeit, durch gezielte Betrachtung und Eliminierung der Ursachen von Unschärfen die Präzision der erforderlichen Aussagen zu verbessern. Zum Abschluss der Grundlagenermittlung müssen belastbare Aussagen zur grundlegenden Machbarkeit und ggf. Verschärfungen bzw. Präzisierungen der Zieldefinitionen getroffen sein.

Die Festlegungen zu Planungsabsichten innerhalb einer Leistungsphase erfolgen wie üblich durch den Planer. Ohnehin erforderliche Leistungen müssen dabei geplant und mit Maßnahmen versehen werden. Parallel können auch Varianten für optionale Leistungen angelegt werden. Den besten Zeitpunkt für die Entscheidung zwischen Varianten muss dabei der Planer anhand von verfügbaren und erforderlichen Informationen festlegen. Der direkte Eingriff des Auftraggebers in den laufenden Planungsprozess ist nur in Ausnahmefällen erforderlich, sinnvoller sind die Vorbereitung mehrerer Entscheidungen und die gebündelte Klärung im Rahmen von regelmäßigen Projektbesprechungen. In diesen lassen sich ebenfalls die aktuellen Projektparameter (gem. Abbildung 4) und ggf. erforderliche zusätzliche Leistungen durch Fachplaner oder zusätzliche Bestandserfassungen abstimmen.

Zum Abschluss von Planungsphasen sollten die jeweils wichtigsten anstehenden Fragen geklärt sein, damit auf Grundlage der getroffenen Entscheidungen eine präzise Dokumentation über den Zwischenstand der Planung informieren kann.

Diese Dokumentation ist hauptsächlich zur Prüfung und Nachjustierung der Zieldefinitionen und zur Entscheidung über die Fortführung der Leistungen oder eine Revision bereits getroffener Festlegungen gedacht. Darüber hinaus wird auch hier ein Ausblick auf die nächsten Aufgaben und die Möglichkeit zur Steuerung der Planer ermöglicht.

Die Festlegung von Varianten im Planungsprozess sollte nur soweit eingegrenzt werden, dass die Zieldefinitionen gut zu erfüllen sind. Gerade bei verbleibenden Unsicherheiten ist es sinnvoll, auch verbleibende Anpassungsmöglichkeiten offen zu lassen. Diese können im Rahmen von Ausschreibungen als Bedarfs- oder Alternativpositionen bzw. zur Vermeidung von Vergabeeinsprüchen auch als Nachtragsleistungen später im Projekt aktiviert werden. In diesem Fall lassen sich die Steuerungsmöglichkeiten ebenso zur verbesserten Ausnutzung von Budgetgrenzen oder Kreditrahmen einsetzen.

Der wichtigste Punkt bei der Steuerung von Bestandsprojekten bleibt jedoch mit und ohne System, dass Entscheidungen nicht nur nach den technischen Möglichkeiten sondern auch nach den Fähigkeiten der Projektbeteiligten getroffen werden und die Rechte und Pflichten dementsprechend zu verteilen sind.

### **12.3 Wirtschaftlichkeit**

Wenn das System beim Planer und beim Auftraggeber zusätzliche Aufwendungen verursacht, müssen die Vorteile nicht nur diese Aufwendungen ausgleichen sondern auch einen Mehrwert schaffen. Ansonsten bleibt das System eine von vielen Möglichkeiten, für die sich der Aufwand zur Erstellung und Einführung kaum lohnt.

Die Vorteile müssen sich darüber hinaus auch für alle direkt betroffenen Projektbeteiligten ergeben. Hier ist vor allem die Auftraggeberseite zu sehen, die als zukünftiger Nutzer und Vermarkter von den optimierten Objekten profitiert. Für den Investor lassen sich zusätzlich die Vorteile des Risikomanagements nutzen, die einen rechtzeitigen Abbruch oder eine frühzeitige Steuerung sowie eine verbesserte Budgetplanung ermöglichen. Die Vorteile auf der Auftraggeberseite

sind schwer zu quantifizieren, stehen aber nur geringen zusätzlichen Aufwendungen gegenüber und ergeben einen erheblichen Mehrwert.

Im Gegensatz dazu lassen sich bei den Planern deutliche Mehraufwendungen erkennen, die Vorteile sind nur mit großer Unschärfe zu bestimmen. Die Mehraufwendungen werden verursacht durch die Kosten des Systems und ggf. der Daten, den zeitlichen Mehraufwand für zusätzliche Erfassungen und Variantenuntersuchungen im Projekt sowie den Aufwand, sich mit neuen Themen wie dem Risikomanagement, dem Lebenszyklus und ökologischen Anforderungen zu befassen. Die wichtigsten Vorteile sind zum einen die Möglichkeit, die Anforderungen der DIN 276 und der Auftraggeberseite erfüllen zu können, und zum anderen deutliche Zeitersparnisse bei der Aufnahme, Verwaltung, Auswertung und Dokumentation der Informationen.

Aus Sicht des Verfassers ergibt sich eine relevante Zeitersparnis für den Planer ausschließlich bei konsequenter Nutzung des Systems. Der Mehraufwand bei der Erfassung ist zum einen eine besondere Leistung (wird somit gesondert vergütet) und wird zum anderen langfristig durch die mögliche Übernahme digitaler Gebäudemodelle aus früheren Projekten relativiert. Die Verschiebung von Erfassungen aus späteren Leistungsphasen an den Anfang des Projektes stellt keinen Mehraufwand dar und kann bei Bedarf vertraglich berücksichtigt werden.

Der Mehraufwand für Variantenuntersuchungen wird maßgeblich durch die Qualität der verfügbaren Informationen und die Ausrichtung des Projektes hinsichtlich Modernisierungs- und Optimierungsanforderungen bestimmt. An dieser Stelle deckt das in Abhängigkeit von Herstellkosten aufgebaute Vergütungsmodell der HOAI bereits einen Teil des Mehraufwandes ab, da durch die vereinfachte Betrachtung von Lebenszykluskosten die reinen Herstellkosten weniger Gewicht bei Entscheidungen bekommen. Zusätzliche Anreize im Vertrag für die Erfüllung aller oder die Übererfüllung einzelner Zieldefinitionen sollten dem Planer die restlichen Mehraufwendungen vergüten, ansonsten sind die Ressourcen zur Optimierung nur in engen Grenzen vorhanden.

Der verbleibende Mehraufwand für den Planer im Projekt sind die Kosten des Systems und der Daten, die sich durch die Zeitersparnis bei der Verwaltung, Auswertung und Dokumentation decken müssen. An dieser Stelle ist eine quantitative oder relative Bewertung kaum möglich, da die Ansätze erheblich von

Qualität, Funktionsumfang und Vergütungsmodell des Systems sowie wie von der Intensität des Einsatzes beim Planer abhängen.

Letztendlich kann aber auch durch die Verschärfung von Anforderungen durch Gesetzgeber oder Auftraggeber sowie gezielte Fördermaßnahmen die individuelle Wirtschaftlichkeit gegenüber dem Status quo in den Hintergrund treten. Die Beschäftigung des Planers mit den neuen Themen und Anforderungen wird zwar im einzelnen Projekt nicht direkt vergütet, sichert aber den langfristigen Erfolg eines Planungsbüros und sollte damit im Interesse jedes Planers liegen.

## **12.4 Änderungen in Kommunikation und Bauausführung**

Neben den direkten Auswirkungen des konzipierten Systems auf die Abläufe im Planungsprozess ergeben sich für das Planen und Bauen im Bestand noch einige weitere Änderungen, die hier der Vollständigkeit halber aufgeführt werden sollen.

Durch die Verwendung eines digitalen Gebäudemodells mit verschiedenen möglichen Darstellungsformen sollte sich der Einsatz von Papier und Tinte im Planungsprozess erheblich reduzieren. Die Kommunikation kann bei Abstimmungen im zentralen Modell stattfinden, für das auch einfache Viewer zur Verfügung stehen. Die Dokumentation auf Papierplänen sollte aufgrund der eingeschränkten Informationstiefe nur noch bei wenigen Ausnahmen im Planungsverlauf und am Ende auf der Baustelle in Frage kommen.

Bei der Planung ändert sich der Abstraktionsgrad zwischen der Zeichnung bzw. dann dem Modell und der gebauten Realität. Dies bedeutet für den Planer zwar eine Umstellung vom gewohnten Denken in unterschiedlich formatierten Linien auf die Abbildung echter Bauteile, stellt aber langfristig eine Erleichterung dar. Ein großer Vorteil dieser geringeren Abstraktion ist in der Kommunikation mit nicht fachkundigen Projektbeteiligten zu sehen.

Eine weitere wesentliche Änderung kann sich mit der Zuordnung von einzelnen Maßnahmen an definierte Bauteile ergeben. Bislang wurde aus dem Soll am Ende der Planung eine Zusammenfassung und Beschreibung vergleichbarer Leistungen erstellt. Dieses Leistungsverzeichnis wird in der Ausschreibung, Vergabe und

Ausführung zum Mittelpunkt der Kommunikation, da damit die vertraglichen Leistungen vereinbart werden. Durch die Zusammenfassung ähnlicher Leistungen und die Entkopplung vom Untergrund und dem Ort der Ausführung gehen oftmals wichtige Informationen für die Kalkulation der erforderlichen Leistungen verloren. Eine Zuordnung einzelner Leistungen zu den betroffenen Bauteilen ist jedoch in bisherigen Systemen kaum möglich, weswegen in der Ausführung und Abrechnung häufig Missverständnisse auftreten und Änderungen oder fehlende Leistungen erst spät auffallen.

Bei einer konsequenten Weiterführung des Bauteilmodells bis in die Ausführungsphase sollten sich die Abstimmung von erforderlichen Anpassungen und zusätzlich die Dokumentation und Abrechnung von Leistungen erheblich vereinfachen. Der Planer bzw. Bauüberwacher müsste dazu Änderungen im Modell anlegen, was entgegen der bisherigen Praxis der Übergabe oder Einstellung von neuen Plänen deutlich zielgerichteter ist. Die Anordnung und Dokumentation dieser Änderungen sowie die Übernahme von ggf. schon vorhandenen Leistungspositionen ist dann mit wenig Aufwand durchführbar.

Auch die weitere Detaillierung im Rahmen der Ausführung, zum Beispiel durch die Festlegung des Bauproduktes mit seinen spezifischen Materialeigenschaften, kann im System dokumentiert werden. Die Qualität der Revisionsunterlagen, als Grundlage für die Nutzung und spätere Anpassungen, steigt erheblich, da gerade in der Ausführung bislang viele Informationen verloren gehen.

Die Dokumentation und Abrechnung erbrachter Leistungen sowie im Gegenzug die Zuordnung von Mängeln kann bauteilweise im digitalen Modell erfolgen und erhebliche Einsparungen bei der Dokumentation von Mängeln und Durchsetzung von Mangelbeseitigungen mit sich bringen. Bei einer gesonderten zeitlichen Erfassung der Leistungserbringung erfolgen zusätzlich auch vereinfachte Abgleiche zwischen Terminplänen und dem Ist-Leistungsstand.

Die Möglichkeiten, die sich mit dem Einsatz eines digitalen Gebäudemodells auch beim Planen und Bauen im Bestand ergeben, erscheinen vielversprechend. Inwieweit mit dem hier konzipierten System sich bei der Planung von Neubauten weitere Vorteile erzielen lassen, muss anderweitig untersucht werden.

## **13 Zusammenfassung und Ausblick**

### **13.1 Vor- und Nachteile des konzipierten Systems**

Im Kapitel 8 werden, auf Grundlage der vorangegangenen Analyse, viele Nachteile der aktuellen Vorgehensweise beim Planen im Bestand aufgezeigt. Das Ziel des konzipierten Systems ist, Wege zur Lösung dieser Probleme zu finden. Inwieweit die neu konzipierte Verfahrensweise gegenüber der derzeitigen Situation eine Verbesserung bedeutet, soll folgend dargestellt werden.

Für den Auftraggeber hat sich bereits bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit gezeigt, dass zusätzlicher Aufwand und Nutzen in einem günstigen Verhältnis stehen können. Zusätzlich erhält der Auftraggeber aus dem System deutlich präzisere Informationen zum Stand des Projektes, zu Optimierungsmöglichkeiten und zu Risiken sowie zu langfristigen ökonomischen und ökologischen Auswirkungen seiner Entscheidungen. Das Gebäudemodell kann nach dem Projekt auch in der Nutzungsphase für ein Facility-Management-System oder die einfache Überwachung anstehender Maßnahmen für Instandhaltung und Instandsetzung verwendet werden.

Allein aus dem Wissen wird das Projekt aber noch nicht besser, sodass der Auftraggeber diese Informationen auch nutzen muss. Gerade bei nicht fachkundigen Vertretern dieser Seite erhöht sich der Bedarf an Beratung und Unterstützung, was wiederum den Gesamtaufwand des Projektes erhöhen kann. Letztendlich entscheidet bei dem konzipierten System der Auftraggeber, inwieweit er das zusätzliche Optimierungspotential bei seinem Projekt nutzen oder den Aufwand reduzieren möchte. Bei einfachen Instandsetzungsprojekten können sich die Vorteile schnell reduzieren und bisherige Vorgehensweisen als kostengünstige Alternative möglich sein. Mit steigender Komplexität stehen jedoch die Vorteile im Vordergrund und die Chancen auf Optimierungen sollten aus Sicht des Verfassers auch bei Instandsetzungen nicht unberücksichtigt gelassen werden.

Für den Planer ergibt sich ein deutlich differenzierteres Bild. Auf der einen Seite werden mit dem neuen System viele zusätzliche Möglichkeiten geschaffen, die es bisher beim Planen im Bestand gar nicht gab, und viele andere Aufgaben werden erheblich vereinfacht oder komplett vom System übernommen. Zu den wesentlichen Vorteilen zählt die Möglichkeit, Unsicherheiten und Varianten im

Projekt abzubilden, diese zu untersuchen und vorhandenes Wissen hierzu angezeigt zu bekommen. Auch die systemintegrierten Auswertungen und Dokumentationen sowie die Vermeidung von Doppelbearbeitungen durch konsequente Datenhaltung stellen erhebliche Verbesserungen dar. Die Abbildung von Soll und Ist in einem System, ggf. kombiniert mit einem zeitorientierten Ansatz des Gebäudemodells helfen nicht nur im aktuellen Projekt sondern auch in nachfolgenden Projekten, was durch standardisierte Formate sichergestellt werden kann.

Auf der anderen Seite ist das konzipierte System aber auch ein klarer Bruch zu der bisherigen, teilweise sehr freien Arbeitsweise von Planern, da es deutlich höhere Anforderungen an diese ermöglicht und ihre Arbeit mess- und steuerbar macht. Der Planer ist, wenn er die Vorteile des Systems ausschöpfen möchte, gezwungen im Gebäudemodell zu arbeiten und kann selbst durch die umfangreichen Dokumentationen und das verteilte Gebäudemodell besser kontrolliert werden. Die Integration von Anforderungen aus dem nachhaltigen Bauen in Zieldefinitionen des Projektes zwingt den Planer zudem, sich mit komplett neuen Themen zu befassen.

Gerade die zwischenmenschlichen Aspekte im Spannungsfeld zwischen Planer und Auftraggeber können einen entscheidenden Einfluss auf die Abwägung zwischen den Vor- und Nachteilen auf der Planerseite haben. Die erheblichen Vorteile bei komplexen Bestandsprojekten müssen daher immer im Zusammenhang mit Einschränkungen der Arbeitsweise betrachtet werden. An dieser Stelle liegt ein entscheidender Faktor bei der weiteren Detaillierung der einzelnen Module.

Für die übrigen Beteiligten stehen die Vorteile des neuen Systems deutlich im Vordergrund. Hier wird allen, die Zugriff auf das Gebäudemodell haben, eine bessere Orientierung und Datenbasis geboten, was z.B. Aufwendungen bei Bearbeitungen durch Fachplaner oder ausführende Unternehmen erspart. Die Menge an verfügbaren Informationen und die Präzision der Daten sind dabei erkennbar und höher.

Der Aufwand für die Einrichtung und Nutzung des Systems ist bei diesen übrigen Beteiligten deutlich geringer als beim Planer. Bei der Nutzung des Gebäudemodells in verschiedenen kleinen Modulen wird nicht das Gesamtsystem

erforderlich. Trotzdem sollte der Aufwand von händischen Datenübernahmen oder -eingaben auch für diese Nutzer des Systems auf ein Minimum reduziert werden.

Insgesamt überwiegen gerade bei komplexen Bestandsprojekten die Vorteile des Systems, die dem Aufwand zur weiteren Konzeption und zur Umsetzung der einzelnen Module gegenüber zu stellen sind.

### **13.2 Möglichkeiten zur Umsetzung**

Der Umfang der notwendigen Veränderungen, der mit der Analyse dargelegt wurde, schließt eine schnelle vollständige Lösung aus. Mit der vorgeschlagenen Konzeption können aus Sicht des Verfassers zwar eine ganze Reihe dieser Probleme gelöst werden, aber für die Umsetzung dieser Konzeption fehlen noch eine Reihe von Grundlagen.

Das kleinste Hindernis ist die technische Infrastruktur, die sich seit der ersten Untersuchung zu diesem Thema vor 11 Jahren erheblich verbessert hat. Heutzutage sind sowohl mobil vernetzte als auch kleine nutzerfreundliche und baustellentaugliche Rechnersysteme zu moderaten Preisen verfügbar. Die Leistungsfähigkeit und damit Praxistauglichkeit solcher Systeme hat sich bereits im Rahmen der prototypischen Umsetzungen als ausreichend gezeigt, seitdem verbessert und wird sich parallel zur konzeptionellen Weiterentwicklung noch weiter erhöhen.

Ein zweiter Aspekt bei der Umsetzung ist die Verfügbarkeit von Daten zu Bauteilen und Maßnahmen, die im System für einen sinnvollen praktischen Einsatz gewährleistet sein muss. Diese Daten sind zwar zu einem großen Teil vorhanden aber noch nicht komplett digitalisiert oder in einer direkt verwendbaren Struktur abgelegt. Die Zusammenführung von verschiedenen Datenbanken und Fachwissen aus der Literatur, sowie deren Bereitstellung für einzelne Module, wird einen erheblichen Anteil der Systementwicklung ausmachen. Darüber hinaus sind in einzelnen Bereichen zwar viele Daten aktueller Baustoffe aber nur wenige bestandsspezifische Daten vorhanden. Diese müssten für ein durchgängig nutzbares System spätestens im Laufe der Erstanwendungen erfasst und nachgepflegt werden.

Genauso wichtig wie die bauteilspezifischen Daten sind weitere in das System zu integrierende Daten zur Unschärfe und zur Bewertung äußerer Einflüsse. Diese Werte sind ebenfalls nur zum Teil vorhanden und müssen ggf. in gesonderten Untersuchungen erhoben werden. An dieser Stelle ist eine schrittweise Präzisierung der Daten möglich, indem das System in einer Erstanwenderphase mit etwas größerer Unschärfe beginnt und über die Nachverfolgung von Wertentwicklungen im Laufe von ersten Projekten diese Unschärfe immer mehr auf realistische Werte einengt.

Der größte Entwicklungsbedarf besteht bei der Detaillierung und Umsetzung der vorgeschlagenen Konzeption. Hierbei sind die Anforderungen an das Gebäudemodell weiter zu präzisieren und anschließend zu einem allgemeingültigen Standard umzusetzen sowie die einzelnen Module und deren Zusammenspiel zu entwickeln. Die Änderungen im Gebäudemodell betreffen nicht nur die Weiterentwicklung von in der Praxis vorhandenen Strukturen auf die Anforderungen aus dem Forschungsprojekt „ZBau Bestandserfassung“ sondern auch die Integration der Zeitdimension bzw. der Zustände Soll und Ist in ein gemeinsames Modell. Die Flexibilität des Modells muss dabei für die verschiedenen bestandsspezifischen Anforderungen und die nach und nach zu ergänzenden Module gewährleistet sein.

Innerhalb der verschiedenen Module kann zwar auf bewährte oder in der Forschung erprobte Bausteine zurückgegriffen werden, diese sind aber an die Anforderungen und Möglichkeiten des Gebäudemodells anzupassen. Zusätzlich müssen gerade für die Erfassung und Planung in frühen Phasen komplett neue Module entwickelt werden, die eine einfachere Nutzung ermöglichen als bisherige Planungssysteme. Dies betrifft vor allem die Eingabemethoden sowie die Vorauswahl und Bereitstellung von Fachwissen.

Ein zentrales Modul, das komplett neu erstellt werden muss, ist das für die Auswertung des Gebäudemodells und die Erstellung der Dokumentationen. Hier sind die im Kapitel 11 skizzierten Simulationen und Auswertungen zu programmieren und zusätzlich allgemeinverständliche bzw. standardisierte Ergebnisse und Darstellungen zu entwickeln. Neben den quantitativen Kriterien, die bereits in der Konzeption diskutiert wurden, ist hier zur Vollständigkeit der Entscheidungsunterstützung auch die Integration zusätzlicher Kriterien zu prüfen. Zu diesem Zweck sollten in einem nächsten Schritt häufig geforderte Kriterien evaluiert und deren Praxistauglichkeit sowie die Abbildungsmöglichkeiten aus dem

System getestet werden. Für die Dokumentation des Planungsstandes und die Gegenüberstellungen bei Variantenuntersuchungen sind auf dieser Basis Vorlagen zu entwickeln und in das Modul zu integrieren.

Der erste und wichtigste Schritt zur Umsetzung des Systems liegt jedoch weniger in der Wissenschaft oder Informatik sondern vielmehr in der Psychologie. Die in der Analyse ermittelten Probleme sind zum größten Teil schon seit langer Zeit vorhanden und bekannt. In der Praxis hat sich das Wissen über die Probleme mit einer gewissen Akzeptanz vereint, da entweder die Ursachen nicht genau zu ermitteln oder die Probleme mit üblichen Methoden nicht zu lösen waren. In den vergangenen Jahren haben sich jedoch zum einen zusätzliche Anforderungen als auch Möglichkeiten zur Lösung entwickelt, die noch nicht in allen Köpfen angekommen sind. Erst wenn auf breiter Basis erkannt wird, dass es große Probleme und passende Lösungen hierfür gibt, ist der Anreiz groß genug für deren Umsetzung.

Das bauteilorientierte digitale Planen hat sich bei Neubauprojekten erst in den letzten Jahren Stück für Stück in der Praxis etabliert und wird trotz aller Vorteile noch einige Zeit benötigen, bis es zum Standard wird. Dies liegt zum einen an fehlender Akzeptanz und zum anderen an der langsamen Bereitstellung sinnvoller Module und durchgängig nutzbarer Strukturen. Ob dies beim Planen im Bestand aufgrund von bereits vorhandenen Strukturen und Analogien zum Neubau schneller geht, wird sich zeigen.

### **13.3      Fazit**

Die hier vorliegende Arbeit bewegt sich im Spannungsfeld zwischen der wissenschaftlichen Untersuchung der vielen angeschnittenen Forschungsgebiete und der eigenen praktischen Erfahrung aus dem Berufsalltag. Einige vielversprechende Konzepte, wie zum Beispiel das Building Information Modeling, die Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten und finanzmathematische Simulationen, sind bereits in der Theorie und in begrenzten praktischen Einsatzgebieten erprobt. Die Übertragung dieser Methoden auf das größte

Handlungsfeld der deutschen Bauwirtschaft, das Bauen im Bestand, ist jedoch in naher Zukunft nur schwer vorstellbar.

Die zahlreichen Herausforderungen, die sich in der Analyse der aktuellen Möglichkeiten gezeigt haben, könnten mit dem konzipierten System in weiten Teilen angegangen werden. Dabei hat sich jedoch gezeigt, dass dieses System erheblich von den bisherigen Planungssystemen abweichen muss, um zu sinnvollen Ergebnissen zu führen. Die Grundlage für eine wesentliche Verbesserung beim Planen im Bestand muss ein informationsbeladenes digitales Gebäudemodell sein.

Eine Verbesserung der aktuell genutzten Systeme und Methoden in kleinen Schritten könnte vielleicht einen Teil der Probleme lösen, würde aber zu erheblichen zusätzlichen Aufwendungen im Projekt führen. Darüber hinaus sind manche Ansätze, wie die Integration der Unschärfe oder der Zeit in das Gebäudemodell, in kleinen Schritten nicht umsetzbar. Gerade der zwingend notwendige Umgang mit fehlenden und unscharfen Informationen ist jedoch der entscheidende Unterschied zur Planung im Neubaubereich. Demzufolge kann ein herkömmliches digitales Gebäudemodell nicht die Basis für eine wesentliche Verbesserung sein.

Wenn die Informationen aus dem realen Objekt und aus dem Projekt mit vertretbarem Aufwand nicht sicher festgelegt werden können, müssen diese Unsicherheiten erkennbar bleiben. Unkenntnis und Vagheit sind dabei auf ein Minimum zu reduzieren und als verbleibende Unschärfe zu einem Risiko zusammenzufassen. Nur mit dem Bewusstsein dieses Risikos lassen sich sinnvolle Entscheidungen unter Unsicherheit treffen. Demzufolge müssen entscheidungsrelevante Auswertungen unter Berücksichtigung der spezifischen Unsicherheiten erfolgen, was die hier vorgeschlagene Methode bietet. Auch wenn dies auf den ersten Blick zu ungenauen Ergebnissen führt, steigt die Präzision der Aussagen und macht diese damit verlässlich.

Die Notwendigkeit zu Veränderungen im Planungsprozess wird in den nächsten Jahren mit dem Zwang zur Optimierung des Gebäudebestands steigen. Dies resultiert sowohl aus gesetzlichen Anforderungen zu ökologischen Aufwendungen in der Nutzung von Gebäuden als auch steigenden Anforderungen der Gesellschaft an langfristig sinnvolles Handeln. Die lebenszyklusorientierte

Bewertung von Optimierungen im Bestand wird auf Grundlage der bestehenden Systeme nicht möglich sein.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind die beschriebenen Veränderungen zwingend erforderlich. Das hier konzipierte System wird dabei als technisch umsetzbar bewertet und würde aus Sicht des Verfassers zumindest für komplexe Bestandsprojekte auch wirtschaftlich sinnvoll einsetzbar sein. Das Problem bleibt der hohe Aufwand zur Entwicklung und Umsetzung eines solchen Systems, da die Vorteile sich erst mit einer konsequenten Nutzung zeigen werden.

Bis dahin wäre es in der Praxis hilfreich, wenn sich die Beteiligten beim Planen und Bauen im Bestand deutlich intensiver und projektspezifischer mit den Chancen und Risiken auseinandersetzen. Die Bekanntgabe von Werten mit scheinbar absoluter Präzision ist dabei genauso wenig hilfreich wie die pauschale Angabe bereits erlebter Ungenauigkeiten. In jedem Bestandsprojekt gibt es eigene Unsicherheiten, die es zu finden, zu reduzieren und zu bewerten gilt.

Entscheidungen müssen immer getroffen werden, auch wenn eine kontinuierliche Veränderung und Unsicherheit stets bleibt. Der deutsche Nobelpreisträger Max Born sagte über vergleichbare Probleme in der Physik „Ideen, wie absolute Gewissheit, absolute Genauigkeit, endgültige Wahrheit und so fort, sind Erfindungen der Einbildung und haben in der Wissenschaft nichts zu suchen.“<sup>228</sup>

---

<sup>228</sup> Born (1970)



## Anhang

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Arbeitspakete im Forschungsprojekt „ZBau Bestandserfassung“ .....	4
Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung des Lebenszyklus eines Gebäudes .....	8
Abbildung 3: Phasenmodell der Immobilien-Projektentwicklung.....	14
Abbildung 4: Entwicklung der Parameter im Projektverlauf .....	15
Abbildung 5: BBSR – Aufteilung Neubau/Bauen im Bestand beim Wohnungsbau bis 2010.....	21
Abbildung 6: BBSR – Aufteilung Bauvolumen auf Neubau/Bauen im Bestand 2013 .....	22
Abbildung 7: BBSR – Aufteilung Modernisierungen und Reparaturen Stand 2010 .....	23
Abbildung 8: Modell des Abnutzungsvorrates modifiziert nach Alcalde Rasch.....	25
Abbildung 9: Zensus 2011 – Baualtersklassen Wohngebäude Deutschland.....	26
Abbildung 10: Magisches Dreieck des Projektmanagements .....	35
Abbildung 11: Sicherheit von Kostenermittlungen gem. Neddermann.....	47
Abbildung 12: Risikomanagement-Prozess nach ISO 31000 .....	49
Abbildung 13: Systematisierung von Immobilienrisiken nach Rohde .....	57
Abbildung 14: Risikoverteilung auf Grundlage einer Monte-Carlo-Simulation .....	60
Abbildung 15: Wissenstreppe nach North .....	61
Abbildung 16: Raum- und Bauteilbeziehungen .....	65
Abbildung 17: Beispiel für ein zusammengeführtes Gebäudemodell.....	71
Abbildung 18: ZBau Bestandserfassung – verschiedene Teilmodelle innerhalb eines Systems.....	72
Abbildung 19: Weiterentwicklung des BIM nach Bew und Richards .....	75
Abbildung 20: Nutzungsdauern von Bauteilschichten nach BMVBS .....	77
Abbildung 21: Verteilung Schadenshäufigkeit über die Lebensdauer von Gebäuden nach Hauser.....	79
Abbildung 22: BNB-Module hier Komplettmodernisierung .....	85
Abbildung 23: Gesamtrisiko unter einer Verteilungskurve nach Gondring.....	93
Abbildung 24: Gesamtrisiko unter einer Verteilungskurve von 2 Varianten .....	95
Abbildung 25: Konzept Erweiterung BIM auf Bestandsprojekte.....	105
Abbildung 26: Beispiel „ZBau Bestandserfassung“ – Konzept Benutzeroberfläche zum Erfassungsmodul .....	108
Abbildung 27: Austausch zwischen Modellverwaltung und Applikationen .....	113
Abbildung 28: Prinzip der Versionierung durch Transaktionen .....	114
Abbildung 29: Beispiel „ZBau Bestandserfassung“ – Prinzip der Zusammensetzung von Bauteilen .....	117
Abbildung 30: Beispiel „ZBau Bestandserfassung“ – Eingabedialoge für allgemeine Projekt- und Objektdaten .....	118
Abbildung 31: Raum- und Bauteilbeziehungen mit Zustandsbewertungen .....	121
Abbildung 32: Zuordnung von Maßnahmen zu einer Gruppe von Bauteilen .....	132
Abbildung 33: Ermittlung Kosten für ein Bauteil .....	133
Abbildung 34: Modul zum Testen der Monte-Carlo-Simulation.....	134
Abbildung 35: Verteilung der Ergebnisse in unterschiedlichen Phasen der Erfassung .....	135
Abbildung 36: Verteilung einzelner Werte der Ermittlung.....	138

Abbildung 37: Vergleich der Ermittlung mit bislang üblichen Kostenaussagen .....	139
Abbildung 38: Risiko-Vergleich der Ermittlung mit vorherigen Budget- oder Risikowerten .....	140
Abbildung 39: Vergleich der Ergebnisse von Simulationen gleicher Ausgangsdaten .....	142
Abbildung 40: Vergleich der Ergebnisse von Simulationen verschiedener Varianten .....	145
Abbildung 41: Verschiebung des Planungsaufwandes durch Einführung des BIM beim Neubau	150

### Quellen der Abbildungen:

Abbildung 1		Donath (2010)	S. 11	
Abbildung 2		BMUB (2014)	S. 24	
Abbildung 3		Schulte (2016)	S. 187	
Abbildung 4		Donath (2010)	S. 8	selbst erstellt
Abbildung 5		BBSR (2011)	S. 8	
Abbildung 6		BBSR (2014)	S. 2	
Abbildung 7		BBSR (2011)	S. 4	
Abbildung 8	nach	Alcalde (2000)	S. 15	modifiziert
Abbildung 9		Zensus (2015)	S. 11	
Abbildung 10		Buchenau (2011)	S. 10	
Abbildung 11		Neddermann (2007)	S. 38	
Abbildung 12		ISO 31000 (2009)	S. 13	
Abbildung 13		Rohde (2011)	S. 62	
Abbildung 14		Gleißner (2004)	S. 35	
Abbildung 15		North (2013)	S. 38	
Abbildung 16		Fehlhaber (2005)	S. 66	selbst erstellt
Abbildung 17		Egger (2013)	S. 21	
Abbildung 18		Donath (2010)	S. 23	
Abbildung 19		Borrmann (2015)	S. 10	
Abbildung 20	nach	IEMB (2006)	S. 4	modifiziert
Abbildung 21		Hauser (2003)	S. 19	
Abbildung 22		BMUB (2014)	S. 47	
Abbildung 23	nach	Gondring (2007)	S. 18	modifiziert
Abbildung 24		noch nicht veröffentlicht		selbst erstellt
Abbildung 25		noch nicht veröffentlicht		selbst erstellt
Abbildung 26		Donath (2010)	S. 34	
Abbildung 27		Donath (2011)	S. 5	
Abbildung 28		Donath (2011)	S. 10	
Abbildung 29		Donath (2010)	S. 26	
Abbildung 30		Donath (2010)	S. 35	
Abbildung 31	nach	Fehlhaber (2005)	S. 66	selbst erstellt, modifiziert
Abbildung 32 bis 40		noch nicht veröffentlicht		selbst erstellt
Abbildung 41		Borrmann (2015)	S. 6	

## Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AHO	Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V.
AM	Aufmaßmodell
AN	Auftragnehmer
ANN	<i>artificial neural network – künstliches neuronales Netz</i>
AVA	Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BGF	Brutto-Grundfläche
BIM	Building Information Modeling
BKI	Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
BRI	Brutto-Rauminhalt
CAAD	Computer-aided architectural design
CMS	Content Management System
CVaR	Conditional Value at Risk
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EEWärmeG	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz)
EN	Europäische Norm
EnEV	Energieeinsparverordnung
EW	Erwartungswert
GM	Geometriemodell
HOAI	Verordnung über die Honorare von Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure)
IFC	Industry Foundation Class
IM	Ink-Modell
ISO	Internationale Organisation für Normung

IT	Informationstechnik
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KG	Kostengruppe
LV	Leistungsverzeichnis
MCS	Monte-Carlo-Simulation
NF	Nutzfläche
SIM	Skizzeninterpretationsmodell
STLB	Standardleistungsbuch für das Bauwesen
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
VaR	Value at Risk
VOB/A	Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
ZBau Bestandserfassung	Forschungsprojekt „IT-gestützte projekt- und zeitbezogene Erfassung und Entscheidungsunterstützung in der frühen Phase der Planung im Bestand (Initiierungsphase) auf Grundlage eines IFC-basierten CMS“

## Literaturverzeichnis

- AHO (2014) **AHO e.V.** [Hrsg.] (2014): AHO Schriftenreihe Nr. 9 – Projektmanagementleistungen in der Bau- und Immobilienwirtschaft; Köln: Bundesanzeiger Verlag
- Alcalde (2000) **Alcalde Rasch, A.** (2000): Erfolgspotential Instandhaltung: Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements; Berlin: Erich Schmidt Verlag
- Bahr (2010) **Bahr, C. / Lennerts, K.** (2010): Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen – Endbericht Forschungsprogramm Zukunft Bau; elektronische Veröffentlichung durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) Quelle: [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2009/LebensNutzungsdauer/Endbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2009/LebensNutzungsdauer/Endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=2) [Stand 21.01.2016]
- BBSR (2011) **Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung** [Hrsg.] (2011): BBSR-Berichte KOMPAKT 12/2011 – Struktur der Bestandsinvestitionen; elektronische Veröffentlichung unter [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BerichteKompakt/2011/DL\\_12\\_2011.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BerichteKompakt/2011/DL_12_2011.pdf?__blob=publicationFile&v=2) [Stand 21.01.2016]
- BBSR (2014) **Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung** [Hrsg.] (2014): BBSR-Analysen KOMPAKT 11/2014 – Bericht zur Lage und Perspektive der Bauwirtschaft 2014; elektronische Veröffentlichung unter <http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/AnalysenKompakt/2014/AK112014.html?nn=371936> [Stand 21.01.2016]
- BKI Altbau (2012) **BKI Baukosteninformationszentrum** [Hrsg.] (2012): BKI Baukosten Altbau 2012/13 – Statistische Kostenkennwerte Altbau; Stuttgart: BKI
- BKI Neubau (2012) **BKI Baukosteninformationszentrum** [Hrsg.] (2012): BKI Baukosten Gebäude 2012 – Statistische Kostenkennwerte Teil 1; Stuttgart: BKI
- Blecken (2007) **Blecken, U. / Hasselmann, W.** (2007): Kosten im Hochbau – Praxis-Handbuch und Kommentar zur DIN 276; Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG
- BMUB (2014) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit** [Hrsg.] (2014): Leitfaden nachhaltiges Bauen; elektronische Veröffentlichung unter <http://www.nachhaltigesbauen.de/leitfaeden-und-arbeitshilfen-veroeffentlichungen/leitfaden-nachhaltiges-bauen-2013.html> [Stand 22.01.2016]
- BMUB (ökobaudat) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit** [Hrsg.]: ÖKOBAUDAT; elektronische Veröffentlichung unter [www.oekobaudat.de](http://www.oekobaudat.de) [Stand 21.01.2016]
- BMUB (vario) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit**: Forschungsinitiative Zukunft Bau – Modellvorhaben zum nachhaltigen und bezahlbaren Bau von Variowohnungen <http://www.forschungsinitiative.de/variowohnungen/> [Stand 12.08.2016]
- BMUB (zukunft) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit**: Forschungsinitiative Zukunft Bau – Forschung Projektübersicht; elektronische Veröffentlichung unter <http://www.forschungsinitiative.de/forschung/projekte/> [Stand 22.01.2016]

- Born (1970) **Born, M.:** Original-Quelle des Zitates nicht auffindbar; Zuordnung und elektronische Veröffentlichung unter <http://www.zitate-online.de/sprueche/wissenschaftler/17310/ideen-wie-absolute-gewissheit-absolute-genauigkeit.html> [Stand 21.01.2016]
- Borrmann (2015) **Borrmann, A. / König, M. / Koch, C. / Beetz, J.** [Hrsg.] (2015): Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis; Wiesbaden: Springer Vieweg
- BSBK (2015) **Bundesstiftung Baukultur** [Hrsg.] (2015): Baukulturbericht 2014/15; elektronische Veröffentlichung unter [http://www.bundesstiftung-baukultur.de/sites/default/files/medien/78/downloads/bbk\\_auflage\\_4.pdf](http://www.bundesstiftung-baukultur.de/sites/default/files/medien/78/downloads/bbk_auflage_4.pdf) [Stand 22.01.2016]
- Buchenau (2011) **Buchenau, G. / Koch, O. / Schüttler, R.** (2011): Analyse ausgewählter Projektmanagement-Standards für große und mittelständische Unternehmen; Kassel: WITEC Verlag
- Büchs (2006) **Büchs, A. / Lutz, A.** (2006): Haftungsrisiken für Architekten und Ingenieure – Gefahren erkennen und vermeiden; Merching: Forum Verlag Herkert
- buildingSMART (cert) **buildingSMART International:** Zertifizierung IFC2x3; elektronische Veröffentlichung unter <http://www.buildingsmart-tech.org/certification/ifc-certification-2.0/ifc2x3-cv-v2.0-certification/participants> [Stand 21.01.2016]
- buildingSMART (spec) **buildingSMART International:** Spezifikationen IFC4 und IFC2x3; elektronische Veröffentlichung unter <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications> [Stand 21.01.2016]
- Bundesregierung (2002) **Die Bundesregierung** [Hrsg.] (2002): Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung; elektronische Veröffentlichung unter [http://www.bundesregierung.de/Content/DE/\\_Anlagen/Nachhaltigkeit-wiederhergestellt/perspektiven-fuer-deutschland-langfassung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/Nachhaltigkeit-wiederhergestellt/perspektiven-fuer-deutschland-langfassung.pdf?__blob=publicationFile) [Stand 21.01.2016]
- destatis (2008) **Statistisches Bundesamt** (2008): Lange Reihen Bauhauptgewerbe/ Ausbaugewerbe 2007; elektronische Veröffentlichung unter [https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft\\_derivate\\_00010896/5441001077004.pdf](https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00010896/5441001077004.pdf) [Stand 22.01.2016]
- destatis (2014) **Statistisches Bundesamt** (2014): Bruttoinlandsprodukt 2013 für Deutschland; elektronische Veröffentlichung unter [https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressekonferenzen/2014/BIP2013/Pressebrochure\\_BIP2013.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressekonferenzen/2014/BIP2013/Pressebrochure_BIP2013.pdf?__blob=publicationFile) [Stand 22.01.2016]
- destatis (www) **Statistisches Bundesamt:** Baupreisindizes Neubau (konventionelle Bauart) von Wohn- und Nichtwohngebäuden; elektronische Veröffentlichung unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Konjunkturindikatoren/Preise/bpr110.html> [Stand 22.01.2016]
- DGNB (NBV15) **DGNB GmbH** [Hrsg.] (04/2015): Gewichtung der Kriterien – Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude, Version 2015.2; elektronische Veröffentlichung unter [http://www.dgnb-system.de/fileadmin/de/dgnb\\_system/Nutzungsprofile/Kriterienuebersicht/NBV15\\_Kriterienuebersicht.pdf](http://www.dgnb-system.de/fileadmin/de/dgnb_system/Nutzungsprofile/Kriterienuebersicht/NBV15_Kriterienuebersicht.pdf) [Stand 21.01.2016]

DGNB (NWO15)	<b>DGNB GmbH</b> [Hrsg.] (03/2015): Kriterien Nutzungsprofil Neubau Wohngebäude, Version 2015; elektronische Veröffentlichung unter <a href="http://www.dgnb.de/interner-bereich/auditoren-consultants/nutzungsprofile/Nutzungsprofile_der_Version_2015/NWO_15/">http://www.dgnb.de/interner-bereich/auditoren-consultants/nutzungsprofile/Nutzungsprofile_der_Version_2015/NWO_15/</a> [Stand 21.01.2016]
DGNB (profile)	<b>DGNB GmbH</b> : Die Nutzungsprofile des DGNB Systems; <a href="http://www.dgnb-system.de/de/nutzungsprofile/alle-nutzungsprofile/">http://www.dgnb-system.de/de/nutzungsprofile/alle-nutzungsprofile/</a>
DIFU (2012)	<b>Deutsches Institut für Urbanistik</b> [Hrsg.] (2012): Altengerechter Umbau der Infrastruktur – Investitionsbedarf der Städte und Gemeinden; Berlin: Difu-Impulse Bd. 6/2012
DIN 276-1 (2008)	<b>DIN Deutsches Institut für Normung e.V.</b> (2008): DIN 276-1 Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau, Stand 2008-12; Berlin: Beuth Verlag GmbH
DIN 18202 (2013)	<b>DIN Deutsches Institut für Normung e.V.</b> (2013): DIN 18202 Toleranzen im Hochbau – Bauwerke, Stand 2013-04; Berlin: Beuth Verlag GmbH
DIN 18960 (2008)	<b>DIN Deutsches Institut für Normung e.V.</b> (2008): DIN 18960 Nutzungskosten im Hochbau, Stand 2008-02; Berlin: Beuth Verlag GmbH
DIN EN 31010 (2010)	<b>DIN Deutsches Institut für Normung e.V.</b> (2010): DIN EN 31010 Risikomanagement – Verfahren zur Risikobeurteilung (IEC/ISO 31010:2009), Stand 2010-11; Berlin: Beuth Verlag GmbH
DIN 31051 (2012)	<b>DIN Deutsches Institut für Normung e.V.</b> (2012): DIN 31051 Grundlagen der Instandhaltung, Fassung 2012-09; Berlin: Beuth Verlag GmbH
Donath (2002)	<b>Donath, D. / Petzold, F. / Richter, K. / Thurow, T.</b> (2002): Bauplanungsrelevantes digitales Gebäudeaufnahme- und Informationssystem – Sonderforschungsbereich SFB 524 Teilprojekt D2; elektronische Veröffentlichung unter <a href="http://infar.architektur.uni-weimar.de/service/drupal-infar/sites/default/files/upload/Forschung/Aktuelle%20Projekte/sfb/C7328732d01.pdf">http://infar.architektur.uni-weimar.de/service/drupal-infar/sites/default/files/upload/Forschung/Aktuelle%20Projekte/sfb/C7328732d01.pdf</a> [Stand 21.01.2016]
Donath (2008)	<b>Donath, D.</b> (2008): Bauaufnahme und Planung im Bestand: Grundlagen - Verfahren - Darstellung - Beispiele; Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag
Donath (2010)	<b>Donath, D. / Petzold, F. / Braunes, J. / Fehlhaber, D. / Tauscher, H. / Junge, R. / Göttig, R.</b> (2010): IT-gestützte projekt- und zeitbezogene Erfassung und Entscheidungsunterstützung in der frühen Phase der Planung im Bestand (Initiierungsphase) auf Grundlage eines IFC-basierten CMS – Endbericht zum Forschungsprojekt Zukunft Bau; Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag
Donath (2011)	<b>Donath, D. / Koenig, R. [Hrsg.] Schneider, S. / Braunes, J. / Thurow, T. / Koenig, R. / Tonn, C.</b> (2011): Entwerfen Versionieren: Probleme und Lösungsansätze für die Organisation verteilter Entwurfsprozesse; elektronische Veröffentlichung unter <a href="http://infar.architektur.uni-weimar.de/service/drupal-infar/node/484">http://infar.architektur.uni-weimar.de/service/drupal-infar/node/484</a> [Stand 12.08.2016]
Dreger (1970)	<b>Dreger, W.</b> (1970): Management-Informationssysteme: Systemanalyse und Führungsprozess; Wiesbaden: Gabler Verlag
Eastman (1999)	<b>Eastman, C.</b> (1999): Building Product Models: Computer Environments, Supporting Design and Construction; Boca Raton: CRC Press

- Eastman (2008) **Eastman, C.** (2008): BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors; Hoboken: John Wiley & Sons
- EEG (2014) **Die Bundesregierung** (2014); Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2014); Quelle: [http://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014/index.html](http://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/index.html) [Stand 21.01.2016]
- EEWärmeG (2015) **Die Bundesregierung** (2015); Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG) Novelle vom 20.10.2015; Quelle: [http://www.gesetze-im-internet.de/eew\\_rmeg/index.html](http://www.gesetze-im-internet.de/eew_rmeg/index.html) [Stand 21.01.2016]
- Egger (2013) **Egger, M. / Hausknecht, K. / Liebich, T. / Przybylo, J.** (2013): BIM-Leitfaden für Deutschland; elektronische Veröffentlichung unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-leitfaden-deu.pdf>
- EnEV (2014) **Die Bundesregierung** (2014); Energieeinsparverordnung Novelle vom 01.05.2014; Quelle: [http://www.gesetze-im-internet.de/enev\\_2007/index.html](http://www.gesetze-im-internet.de/enev_2007/index.html) [Stand 21.01.2016]
- Eser (2009) **Eser, B.** (2009): Erzielung nachhaltig hoher Büroimmobilienwerte: Ein Entscheidungsmodell für die Planungsoptimierung; Wiesbaden: Gabler / GWV Fachverlage GmbH
- Fehlhaber (2005) **Fehlhaber, D.** (2005): Kosten-/Risiko-Analyse-System für Sanierungsprojekte, Diplomarbeit; elektronische Veröffentlichung unter <http://architektur-informatik.scix.net/data/works/att/ebfb.content.05793.pdf> [Stand 21.01.2016]
- Feynman (2006) **Feynman, R.** (2006): QED – Die seltsame Theorie des Lichts und der Materie; München: Piper Verlag GmbH
- Gessmann (2008) **Gessmann, R.** (2008): Ein internetbasiertes Gebäudedatenrepositorium als lebenszyklusorientierte Integrationsplattform; Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe
- Gleißner (2004) **Gleißner, W.** (2004): Auf nach Monte Carlo – Simulationsverfahren zur Risikoaggregation; Fachbeitrag in RiskNews 01/2004
- Gleißner (2014) **Gleißner, W. / Romeike, F.** (2014): Praxishandbuch Risikomanagement; Berlin: Erich Schmidt Verlag
- Gondring (2007) **Gondring, H.** (2007): Risiko Immobilie – Methoden und Techniken der Risikomessung bei Immobilieninvestitionen; München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH
- Gondring (2015) **Gondring, H. / Wagner, T.** (2015): Real Estate Asset Management – Handbuch für Studium und Praxis; München: Verlag Franz Wahlen GmbH
- Gottwald (1990) **Gottwald, R.** (1990): Entscheidung unter Unsicherheit: Informationsdefizite und unklare Präferenzen; Wiesbaden: Gabler Verlag
- Gribbin (2011) **Gribbin, J.** (2011): Auf der Suche nach Schrödingers Katze; München: Piper Verlag GmbH
- Hauser (2003) **Hauser, G.** (2003): Bauschäden und energetische Sanierung; Vorlesungsskript Universität Kassel, aktuell nicht veröffentlicht

- Hausknecht (2013)      **Hausknecht, K. / Liebich, T. / Weise, M. / Groll, M. / Juli, R.** (2013): Optimierung und Auswertung eines 3D-Gebäudedatenmodells (Basis IFC) für Facility Management; Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag
- HOAI (2013)            **Die Bundesregierung** (2013); Verordnung über die Honorare von Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI); Quelle: <https://dejure.org/gesetze/HOAI> [Stand 22.01.2016]
- Höbig (2014)            **Höbig, M. / Nehls, T. / Rieper, S.** (2014): Praxis der Kalkulation und Kostenoptimierung: Der Beipackzettel zu Risiken und Nebenwirkungen; Norderstedt: BoD – Books on Demand Verlag
- Hodulak (2011)         **Hodulak, M. / Schramm, U.** (2011): Nutzerorientierte Bedarfsplanung: Prozessqualität für nachhaltige Gebäude; Heidelberg: Springer Verlag
- IEMB (2006)            **Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung** [Hrsg.] (2006): Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten; Quelle [http://www.ksb-hi.de/4\\_3\\_3\\_Lebensdauer\\_Bauteile.pdf](http://www.ksb-hi.de/4_3_3_Lebensdauer_Bauteile.pdf) [Stand 21.01.2016]
- ISO 16739 (2013)      **ISO International Organization for Standardization** (2013): Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und dem Anlagen-Management, Stand 2013-04; Berlin: Beuth Verlag GmbH
- ISO 31000 (2009)      **ISO International Organization for Standardization** (2009): Risk management – Principles and guidelines, Stand 2009-11; Berlin: Beuth Verlag GmbH
- Kahlen (1999)         **Kahlen, H.** (1999): Integrales Facility Management; Düsseldorf: Werner Verlag
- Kalusche (2005)       **Kalusche, W.** (2005): Projektmanagement für Bauherren und Planer – Bauen und Ökonomie; München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH
- Kochendörfer (2010) **Kochendörfer, B. / Liebchen, J. / Viering, M.** (2010): Bau-Projekt-Management: Grundlagen und Vorgehensweisen; Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag
- LEGEP (www)          **WEKA Bausoftware:** Produktinformationen LEGEP; Quelle <http://www.weka-bausoftware.de/architekten/lekep-nachhaltigkeit/lekep.html> [Stand 22.01.2016]
- Lutz (2011)            **Lutz, U. / Klaproth, T.** [Hrsg.] (2011): Riskmanagement im Immobilienbereich: Technische und wirtschaftliche Risiken; Berlin: Springer Verlag
- Motzko (2013)         **Motzko, C.** [Hrsg.] (2013): Praxis des Bauprozessmanagements: Termine, Kosten und Qualität zuverlässig steuern; Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn Verlag
- NaWoh (www)         **Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau:** Zertifizierung; Quelle <http://www.nawoh.de/downloads/zertifizierung> [Stand 12.08.2016]
- Neddermann (2007)   **Neddermann, R.** (2007): Kostenermittlung im Altbau; Köln: Werner Verlag
- North (2013)          **North, K.** (2013): Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen; Berlin: Springer Verlag

- Petzold (2003) **Petzold, F. / Wender, K. / Donath, D. / Weferling, U.** (2003): Das Bauwerk als Informationscontainer in den frühen Phasen der Bauaufnahme; elektronische Veröffentlichung unter [https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/files/347/M\\_53.pdf](https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/files/347/M_53.pdf) [Stand 22.01.2016]
- RIB (www) **RIB Software AG:** Daten-Lieferanten für RIB iTWO; Quelle <http://www.rib-software.com/de/partner/daten-lieferanten.html> [Stand 22.01.2016]
- RiskNET (www) **RiskNET GmbH:** Der Prozess des Risikomanagements; elektronische Veröffentlichung unter <https://www.risknet.de/wissen/risk-management-prozess/> [Stand 22.01.2016]
- Rathswohl (2014) **Rathswohl, S.** (2014): Entwicklung eines Modells zur Implementierung eines Wissensmanagement-Systems in kleinen und mittleren Bauunternehmen; Kassel: University Press GmbH
- Rohde (2011) **Lützkendorf, T. [Hrsg.] / Rohde, C.** (2011): Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in Prozesse des immobilienwirtschaftlichen Risikomanagements; Karlsruhe: KIT Scientific Publishing
- Schach (2006) **Schach, R. [Hrsg.] / Nemuth, T.** (2006): Risikomanagement bei internationalen Bauprojekten, Band 6 aus Forschung und Praxis; Renningen: expert verlag
- Scherer (2014) **Scherer, R. / Schapke, S.-E.** [Hrsg.] (2014): Informationssysteme im Bauwesen 1: Modelle, Methoden und Prozesse; Berlin: Springer Verlag
- Schmitz (2004) **Schmitz, H. / Krings, E. / Dahlhaus, U. / Meisel, U.** (2004): Baukosten - Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung; Essen: Wingen Verlag
- Schmitz (2012) **Schmitz, H. / Krings, E. / Dahlhaus, U. / Meisel, U.** (2012): Baukosten - Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung; Essen: Wingen Verlag
- Schneider (2011) **Schneider, J.** (2011): Werkzeuge für den Bestand: Eine Untersuchung von Planungsmethoden und datenbankbasierten Werkzeugen (ph\*one und Legep) für das Planen und Bauen im Bestand; Berlin: epubli GmbH
- Schulte (2002) **Schulte, K.-W. / Bone-Winkel, S.** [Hrsg.] (2002): Handbuch Immobilien-Projektentwicklung; Köln: Immobilien Informationsverlag Rudolf Müller GmbH
- Schulte (2013) **Schulte, K.-W. / Kühling, J. / Servatius, W. / Stellmann, F.** (2013): Immobilien-Ökonomie II - Rechtliche Grundlagen; Köln: Immobilien Informationsverlag Rudolf Müller GmbH
- Schulte (2016) **Schulte, K.-W. / Bone-Winkel, S. / Schäfers, W.** (2016): Immobilien-Ökonomie I - Betriebswirtschaftliche Grundlagen; Oldenburg: De Gruyter Verlag
- Schwarz (2011) **Schwarz, J. / Sandoval-Wong, J. A.** (2011): Ein risikobasiertes Entscheidungsfindungsberechnungssystem zur Unterstützung von Projektmanagement/ -controlling; Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag
- Seul (2011) **Seul, J.** (2011): Das Recht des Architekten: Vertrag, Honorar & Haftung; Berlin: Springer Verlag
- Seyfferth (2013) **Seyfferth, G.** (2013): Praktisches Baustellen-Controlling: Handbuch für Bau- und Generalunternehmen; Berlin: Springer Verlag

- sirAdos (faktoren)      **WEKA Bausoftware:** sirAdos Ortsfaktoren Stand 07/2015; elektronische Veröffentlichung unter <https://www.sirados.de/ortsfaktoren.html> [Stand 22.01.2016]
- sirAdos (bestand)      **sirAdos Blog:** Der Gebäudebestand in Deutschland; elektronische Veröffentlichung unter [blog.sirados.de/der-gebäudebestand-in-deutschland/](http://blog.sirados.de/der-gebäudebestand-in-deutschland/) [Stand 22.01.2016]
- Thurow (2004)      **Thurow, T.** (2004): Digitaler Architekturbestand – Untersuchungen zur computergestützten, schrittweisen Erfassung und Abbildung der Geometrie von Gebäuden im Kontext der planungsrelevanten Bauaufnahme; Dissertation; elektronische Veröffentlichung unter [https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/files/140/Dissertation\\_Endfassung.pdf](https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/files/140/Dissertation_Endfassung.pdf) [Stand 22.01.2016]
- Thurow (2008)      **Thurow, T.** (2008): Kombination verschiedener Fachaspekte auf Basis eines dynamisch erweiterbaren Bauwerksmodells, Beitrag zum 1. nuBau-Workshop; Weimar: Bauhaus-Universität
- Tichelmann (2013)      **Tichelmann, K. / Pfau, J.** (2013): Entwicklungswandel Wohnungsbau; Berlin: Springer Verlag
- Tonn (2007)      **Tonn, C.** (2007): Augmentierte Bestandsplanung – Farb- und Materialgestaltung direkt vor Ort; veröffentlicht in Forum Bauinformatik 2007; Graz: Verlag der Technischen Universität
- Urschel (2010)      **Lützkendorf, T. [Hrsg.] / Urschel, O.** (2010): Risikomanagement in der Immobilienwirtschaft: ein Beitrag zur Verbesserung der Risikoanalyse und -bewertung; Karlsruhe: KIT Scientific Publishing
- VOB/A (2012)      **Die Bundesregierung** (2012); Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen; Quelle: <https://dejure.org/gesetze/VOB-A> [Stand 22.01.2016]
- Vogel (2013)      **Vogel, A / Völker, C. / Arnold, J. / Schmidt, J. / Thurow, T / Braunes, J. / Tonn, C. u.a.** (2013): Schlussbericht zum InnoProfile Forschungsvorhaben Methoden und Baustoffe zur nutzerorientierten Bausanierung; Weimar: Verlag der Bauhaus-Universität
- Zensus (2015)      Statistische Ämter des Bundes und der Länder [Hrsg.] (2015): Zensus 2011 – Gebäude- und Wohnungsbestand in Deutschland, Endgültige Ergebnisse; elektronische Veröffentlichung unter [http://www.statistikportal.de/statistik-portal/Zensus\\_2011\\_GWZ.pdf](http://www.statistikportal.de/statistik-portal/Zensus_2011_GWZ.pdf) [Stand 22.01.2016]