

*Stefan Winter, Markus Lechner, Claudia Köhler, Joachim Brech, Moritz Segers,
Christian Schühle, Anne Niemann, Hermann Kaufmann, Lukas Lauss, Johanne Schöner,
Rafael Gramm, Johannes Gantner, Thomas Kirmayr, Sebastian Schäller,
Sandra Fleischmann, Friedrich Hermann, Ernest Berghofer, Thomas Auer, Fritz Frenkler*

Bauen mit Weitblick – Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau

F 3082

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2019

ISBN 978-3-7388-0297-9

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung

Abschlussbericht Forschungsvorhaben:

Bauen mit WEITBLICK

Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau



Forschungsstelle:

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter
Arcisstraße 21
80333 München

Projektleitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter
Markus Lechner M.Sc.
Claudia Köhler M.Sc.

Projektpartner

TUM - Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen

Prof. Dipl.-Ing. Thomas Auer

Lukas Lauss M.Sc.

Johanne Schöner M.Sc.

Dr.-Ing. Architekt Ernest Berghofer

TUM - Professur für Entwerfen und Holzbau

Prof. DI Hermann Kaufmann

Dipl.-Ing. Anne Niemann

Dipl.-Ing. Christian Schühle

TUM - Lehrstuhl für Industrial Design

Prof. Dipl. Des. Fritz Frenkler

Dipl.-Ing. Moritz Segers

Dr. rer. pol. Joachim Brech, Architektur und Sozialwissenschaft

Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP

MBA Thomas Kirmayr

Rafael Gramm M.Sc.

Johannes Gantner M.Sc.

Aude Bougain M.Sc.

Katja Breitenfelder Dipl.-Ing.(FH)

KoWo – Kommunale Wohnungsgesellschaft mbH Erfurt

Dipl.-Kaufmann Friedrich Hermann, Geschäftsführer, Wirtschaftsmediator (CCI)

Dr. Sebastian Schäller

Dipl.-Ing. (FH) Sandra Fleischmann

Max Bögl Modul AG

Andreas Schmid, Bereichsleiter maxmodul

Stefanie Mirbeth M.A.

Regnauer Fertigbau GmbH & Co. KG

Dipl.-Ing. Michael Regnauer

Dipl.-Ing. (FH) Jörg Lindner

Claudia Schmid

Bearbeitungszeitraum

01.12.2015 bis 30.04.2018

gefördert von:

Forschungsinitiative Zukunft Bau

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Deichmanns Aue 31-37

52179 Bonn

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert. (Förderkennzeichen SWD-10.08.18.7-15.55). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

München, 30.04.2018

Kurzfassung

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung der Methodik und die Bereitstellung eines Systembaukasten Geschosswohnungsbau, der industrialisierten sozialen Wohnungsbau mit hoher nachhaltiger Bauqualität ermöglicht. Dazu werden zunächst in einem Anforderungskatalog, basierend auf Förderkriterien und Baurecht der Länder, alle Leistungsanforderungen definiert. Der Anforderungskatalog stellt alle Informationen für zukünftige Weiterentwicklungen zur Verfügung. Aus den Anforderungen wurden die Funktions- und Produktstrukturen für einen Systembaukasten entwickelt.

Ein Systembaukasten ist ein Baukastensystem eines spezifischen Systems aus einer Anzahl von Bausteinen (Baugruppen), die anwendungsspezifisch ausgewählt und unter Beachtung von Verträglichkeit miteinander kombiniert werden. Sie besitzen normierte Gestalt- und Werkstoffeigenschaften, sind aufeinander abgestimmt, konkret und können wiederum aus (weniger komplexen) Bausteinen bestehen. Beim Konfigurieren werden die Bausteine verwendet, ohne ihre Gestalt zu verändern. Der ursprüngliche Ansatz zur Entwicklung eines einzigen Systembaukastens für den sozialen Wohnungsbau ist daher nicht realisierbar. Es kann immer nur ein Systembaukasten für ein spezifisches Bausystem (z.B. Betonfertigteile-Bauweise) entwickelt werden, da tragwerksplanerische, bauphysikalische und brandschutztechnische Eigenschaften unterschiedlicher Bausysteme stark differieren und eine vollständige Parametrisierung derzeit (noch) nicht zu bewältigen ist.

Im Vorhaben wurden typisierte Wohnungen (BG-W) mit Hilfe einer ‚Baugruppen‘ – Systematik entwickelt, die zu Baugruppen-Gebäude (BG-G) oder Baugruppen-Typengeschosse (BG-T) zusammengefasst werden. Eine digitale Definition einer Baugruppen muss entsprechend der entwickelten Methodik alle Elemente der Baukonstruktion (Schächte, Trennwände, Decken, Dachdecken) und der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) umfassen. Weiterhin müssen alle zur Fertigung der Baugruppen erforderlichen Daten enthalten sein, um eine vollständige Werkstattplanung für die ausführenden Firmen zur Verfügung stellen zu können. Eine Baugruppe ist eine Planungseinheit und damit eine ideale Anwendung des Building Information Modelling (BIM), da die Daten einmal für wiederholende Anwendungen generiert werden (im Gegensatz zum heutigen ‚One-Design‘). Eine Parametrisierung in Teilbereichen, z.B. Fensterformate, Fassadenausführung oder Deckenspannweiten ist möglich. Eine weitgehende Vorfertigung in den jeweiligen Bausystemen ist sinnvoll, aber nicht zwingend erforderlich. Ein Systembaukasten besteht real in einer unterschiedlich ausgeprägten Mischung aus Vorfertigung, Vorkonfektionierung und örtlicher Ergänzung.

Entsprechend der im Vorhaben entwickelten Methodik wurden durch die beteiligten Partner Systembaukästen in Beton-Raummodul-Bauweise und in hybrider Tafelbauweise aus Holztafeln für Wände

und Dach sowie Decken aus Spannbeton-Hohldielen mit jeweils maximierter Vorfertigung generiert. Damit konnte nachgewiesen werden, dass sich der erforderliche Wohnungsmix in Mittelgang-, Laubengang-, Punkthaus- und Spännergebäuden herstellen lässt. Die architektonische Gestaltungsfreiheit bleibt durch Teilparametrisierung und die Ergänzung durch Anbau-Baugruppen wie Balkone oder Laubgänge (BG-A) und Erschließungen (BG-E) erhalten. In mehreren Optimierungszyklen wurden Prozessanalysen durchgeführt, die insbesondere die Einsparpotentiale im Bereich der von Planungs- und Produktionsoptimierung durch Wiederholungseffekte aufzeigen konnten. Zusätzliche Einsparpotentiale entstehen durch hohe Stückzahlen gleicher Bauprodukte. Eine Beschränkung dieser Effekte ist durch die derzeitige Marktlage (Knappheit an Baustoffen, Produktionskapazitäten, Arbeitskraft) begründet. Die ursprünglich angestrebte Kostengrenze von 1.200 €/m² vermietbare Fläche brutto für die Kostengruppen 300, 400 und 700 nach DIN 276 konnte noch nicht nachgewiesen werden. Es erscheint unter Berücksichtigung der aktuellen konjunkturellen Lage realistisch, durch die beschriebenen Industrialisierungsschritte zumindest ein stabiles Preisniveau von unter 1.600 €/m² erreichen zu können. Durch weitere künftige Optimierungen des industriellen Bauens ist eine weitere Senkung in Richtung der Zielvorgabe denkbar.

Ergänzend wurden weitere Teilaspekte zur Kostensenkung untersucht: So wurde ein Systembaukasten für behindertenfreundliche und -gerechte Bäder mit austauschbaren Installations-Baugruppen entwickelt. Weiter wurde nachgewiesen, dass eine Luftwechselrate von 0,2 /h aus feuchtetechnischen Gründen ausreichend ist und dass Elektro-Direktheizungen in Deutschland inzwischen bei hochgedämmten Gebäuden und der fortschreitenden Veränderung des Energiemix unter Berücksichtigung der regulatorischen Randbedingungen ausführbar sind. Umfangreiche Untersuchungen von Lebenszykluskosten und Lebenszyklusanalysen anhand von Referenzgebäuden runden zusammen mit der Darstellung der einsatzfähigen digitalen Werkzeuge die Ergebnisse ab.

Das Vorhaben zeigt zusätzlich, dass die unterschiedliche Förderpraxis und die Bauordnungen der Länder dringend zu vereinheitlichen und zu flexibilisieren sind, um industrielles Bauen zu unterstützen. Abschließend werden die Ergebnisse kritisch gewertet und es wird ein Vorschlag zur weiteren Entwicklung eines oder mehrerer ‚Open-Source-Systembaukastens‘ unterbreitet.

Abstract

The objective of the project is the development of a methodology and provision of a ‚system building set‘ to enable industrialized, social housing in a high, sustainable building quality. Based on the funding criteria for social housing and the building regulations of the Federal States a catalogue of requirements was defined at the beginning, containing all relevant performance requirements. The requirements catalogue provides all information necessary for further developments. Based on the requirements all functions and product structures necessary for a ‚system building set‘ were developed.

A ‚system building set‘ is a modular construction system of a specific system based on a number of building blocks (building assemblies), which are chosen application specific and combined, taking into account the compatibility of combination. The building assemblies provide standardized geometrical and material properties, are harmonized and may be combined out of (less complex) building blocks. When configured the shape of the building assemblies is fixed. The original attempt of the project to create one unique ‚system building set‘ therefore could not be realized, as a ‚system building set‘ can only be realized in a specific building system, e.g. prefabricated reinforced concrete. The static, building physic or fire safety design of different building systems is differing too far to handle a complete parametrisation.

During the project building blocks were developed using a building assembly systematic. They are arranged to „building assemblies - building“ (BG-G) containing groups of flats or complete “building assemblies – floor-types” (BG-T). A digital definition according to the developed methodology of a building assembly has to include all elements of the building construction (shafts, partition walls, slabs, roofs,...) and all building services. In addition it includes all relevant data to produce the building assemblies, i.e. it provides a complete production planning for the building producer. A building assembly is a complete planned unit and therefore an ideal application of Building Information Modelling (BIM). All data are created only once for repeating applications (in opposite to today’s ‚one-design‘). A partly parametrisation, e.g. size of windows, type of facade or span of slabs is possible. Of course a prefabrication as far as possible is meaningful, but not absolutely necessary. A ‚system building set‘ in real is represented by a case specific mix of prefabrication, pre-cutting and local finalisation.

Based on the developed methodology two ‚system building sets‘ were generated by the partners using a reinforced concrete module construction and a hybrid prefabricated panel construction out of timber frame elements for walls and roofs and prestressed reinforced concrete hollow-core slabs,

each system with specific optimized prefabrication. Using these ‚system building sets‘ it is possible to create all required mix of flats in middle-floor -, arcade-, center- and multi-apartment- buildings. The architectural freedom is given by a partial parametrisation and by additional building assemblies as for balconies, arcades (BG-A) or access-units (BG-E). In a number of optimisation cycles the processes were analysed to demonstrate the saving potential by optimisation of planning and production, especially due to effects of repetitions. Additional savings will occur based on high numbers of building products. A limitation of these effects is actual given by the market situation (shortcuts of building products, production capacities and workmanship). The initial targeted gross cost limitation to 1.200€/m² rentable area based on cost type 300, 400 and 700 (according to DIN 276) could not yet verified. But it seems realistic to be able to limit costs to less than 1.600 €/m² by the described steps of industrilisation. Due to additional future optimisations an additional cost reduction is feasible.

In addition further aspects of cost reduction was examined: A special ‚building system set‘ for bathrooms with replaceable installation building blocks, taking into account the special needs of handicapped people, was developed. Also the sufficiency of a air-change rate of 0,2 /h to ensure moisture safety was proofed as well as the possibility to use direct electrical heating, taking into account highly insulated buildings, building regulations and the developing change of the primary energy-mix in Germany. Also a number of Life Cycle Cost and Life Cycle Assessment calculations based on reference buildings proofed the suitability of the concepts. In addition it was demonstrated, which digital tools are available and applicable for ‚system building sets‘.

The project demonstrates in addition the urgent need to harmonize and flexibilize the different financial stimulation rules for social housing projects and the building regulations in the Federal States of Germany to support industrial building.

Finally the results are critical commented and a proposal for the development of one or more ‚open-source - system building sets‘ is given.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	III
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund des Forschungsvorhabens	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Vorgehensweise und Methodik	6
2 Serieller und industrieller Wohnungsbau	11
2.1 Begriffsdefinitionen	11
2.2 Entwicklung, Stand heute	13
2.3 Vorbehalte gegen serielles, industrialisiertes Bauen	13
3 Anforderungen Systembaukasten	17
3.1 Allgemeines	17
3.2 Vorgehensweise	20
3.3 Gruppierung von Anforderungen	22
3.3.1 Anforderungen aus Betreiber- und Nutzersicht	22
3.3.2 Anforderungen aus gesetzlichen Vorgaben, Richtlinien, Normen	23
3.3.3 Gestalterische und architektonische Anforderungen	26
3.3.4 Technische und konstruktive Anforderungen	28
3.4 Anforderungskatalog - Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau	29
3.4.1 Ausstattungsstandards	29
3.4.2 Allgemeine Anforderungen	30
3.4.3 Planerische Systemgrenzen	32
3.4.4 Grundrisse, Wohnungen und Funktionsbereiche	35
3.4.5 Ausführung und Materialität	42
3.4.6 Architekturelemente	43
3.4.7 Konstruktive Systemgrenzen	45
3.4.8 Technische und energetische Anforderungen	54
4 Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau	61
4.1 Allgemeines	61
4.2 Theoretische Grundlagen	62
4.3 Produktarchitektur Systembaukasten	65
4.3.1 Funktionsstruktur des Systembaukastens (funktionale Produktbeschreibung).....	65

4.3.2	Produktstruktur des Systembaukastens (physische Produktbeschreibung)	66
4.4	Konkrete Lösungsprinzipien	76
4.4.1	Baugruppensystematik	76
4.4.2	Typengeschosssystematik	89
4.5	Planungsinstrument Systembaukasten – Bausystemkonfigurator	93
4.5.1	Allgemeines	93
4.5.2	Der Bauherrn-Konfigurator (Endanwender-Sicht)	93
4.5.3	Der Bausystem-Konfigurator (Hersteller-Sicht)	93
4.5.4	Der Planungs-Konfigurator (Architektur-Sicht)	94
4.5.5	Der Konfigurator im Beschaffungsprozess	95
5	Anwendung des Systembaukastens	101
5.1	Vorstellung der Bausysteme	101
5.1.1	Bausystem Flächenelemente	101
5.1.2	Bausystem Raummodule	104
5.2	Umsetzung der Baugruppensystematik durch Flächenelemente	107
5.2.1	Maßsystematik der Flächenelemente	107
5.2.2	Entwurf von Baugruppen	108
5.2.3	Variabilität einer baugruppenorientierten Planung mit Flächenelementen	113
5.2.4	Entwicklung von additiven Architekturelementen	122
5.2.5	Fazit Baugruppensystematik	128
5.3	Umsetzung der Baugruppensystematik durch Raummodule als Baugruppe- Typengeschoss (BG-T)	130
5.3.1	Maßsystematik der Raummodule	130
5.3.2	Entwurf von Typengeschossen	131
5.3.3	Variabilität einer typengeschossorientierten Planung mit Raummodulen	137
5.3.4	Entwicklung von additiven Architekturelementen	141
5.3.5	Fazit Typengeschosssystematik (BG-T)	143
5.4	Planung virtuelles Referenzgebäudemodell	145
5.4.1	Allgemeines	145
5.4.2	Bausystem Flächenelemente	145
5.4.3	Bausystem Raummodule	148
5.4.4	Auswertung	152
5.5	Anwendung des Systembaukastens für konkrete Grundstückssituationen	155
5.5.1	Grundstücksauswahl und Randbedingungen	155
5.5.2	Bausystem Flächenelemente	157
5.5.3	Bausystem Raummodule	163
6	Systembad für den Systembaukasten	171
6.1	Ermittlung und Identifikation von Randbedingungen	171
6.2	Kriterien für ein neues Badkonzept im industriellen Wohnungsbau	174
6.3	Entwicklung eines modularen Baukastensystems für Bäder	176

6.3.1	Modulare Ordnung.....	176
6.3.2	Konstruktiver Aufbau	179
6.3.3	Systematik für die Planung von Systembädern	181
6.4	Überprüfung des Konzepts durch Planung von Badtypen für das Referenzgebäude	182
7	Technische Gebäudeausrüstung und Energieplanung für den mehrgeschossigen sozialen Wohnungsbau	187
7.1	Einleitung.....	187
7.2	Ermittlung und Identifikation von Randbedingungen	189
7.3	Wohnraumlüftung – Lüftung zum Feuchteschutz	190
7.3.1	Hintergrund der Untersuchungen	190
7.3.2	Baurechtliche und normative Anforderungen	191
7.3.3	Hypothese unter Randbedingungen.....	192
7.3.4	Ergebnisse der Lüftungssimulationen mit WUFI®-Plus.....	193
7.3.5	Empfehlung zur Lüftung im sozialen Wohnungsbau	195
7.4	Untersuchte Energieversorgungskonzepte und deren primärenergetische Analyse.....	196
7.4.1	Hintergrund der Untersuchungen	196
7.4.2	Untersuchte TGA-Systemvarianten für Energieerzeugung, Energieverteilung und Energieabgabe	197
7.4.3	Ergebnisse und Erkenntnisse der Variantenstudie	203
7.5	Bewertung von kosteneffizienten Umsetzungsmöglichkeiten der technischen Anforderungen.....	208
7.5.1	Technische Gebäudeausrüstung im Systembaukasten.....	208
7.5.2	Heizungssysteme	208
7.5.3	Lüftungssysteme	214
7.5.4	Auswahl Versorgungssysteme	217
7.6	Dimensionierung und Auslegung der TGA-Systemkomponenten anhand drei Energieversorgungsvarianten für den Systembaukasten	218
7.6.1	Hintergrund der Untersuchungen	218
7.6.2	Heizungstechnik zur Raumwärmeversorgung	219
7.6.3	Bereitstellung des Trinkwarmwasserbedarfs	227
7.6.4	Wohnraumlüftung	233
7.6.5	Planung der Technikzentralen.....	236
7.7	Entwicklung eines Technischachts zur Energieverteilung	241
7.7.1	Seriell und industriell vorgefertigter Versorgungsschacht.....	241
7.8	Rückkopplungen der Gebäudetechnik für den Systembaukasten.....	245
8	Prozessoptimierung und Digitalisierung Systembaukasten.....	249
8.1	Einleitung - Ermittlung und Identifikation von Randbedingungen – Fragestellung/Problemstellung.....	249
8.2	Digitalisierung im Planungsprozess: Prüfung von Anforderungen an das Bedarfsmodell mit dem Solibri Model Checker (SMC).....	255

8.2.1 Hintergrund der Untersuchung	255
8.2.2 Einsatz eines BIM-Modells in der Planung von Referenzgebäuden	256
8.2.3 Allgemeines zum Einsatz des Solibri Model Checkers (SMC).....	256
8.2.4 Prüfen von Anforderungen an das Bedarfsmodell mithilfe des Solibri Model Checkers (SMC)	258
8.2.5 Diskussion der Ergebnisse	267
8.2.6 Fazit.....	269
8.3 Konfiguration von Bausystemen - Prinzipien zur Entwicklung von Gebäudekonfiguratoren für Bausysteme	270
8.3.1 Marktanalyse	270
8.3.2 Prototypische Umsetzung.....	272
8.3.3 Fazit.....	275
8.4 Prozessoptimierung - Prozessanalyse.....	277
8.4.1 Hintergrund der Untersuchungen	277
8.4.2 Prozessanalysen bei den Projektpartnern	278
9 Lebenszykluskostenanalyse und Ökobilanz Systembaukasten.....	281
9.1 Allgemein – Fragestellung/Problemstellung.....	281
9.2 Bewertungs- und Untersuchungsmethoden.....	282
9.3 Ermittlung und Identifikation von Randbedingungen	285
9.4 EnEV – Modell.....	293
9.4.1 Referenzgebäude Regelfall	293
9.4.2 Referenzgebäude Suffizienz	296
9.5 Lebenszykluskostenrechnung (LCC)	298
9.5.1 Referenzgebäude Regelfall	298
9.5.2 Referenzgebäude Suffizienz	301
9.5.3 Effekt Diskontierungsfaktor.....	303
9.5.4 Effekt Betrachtungsdauer	304
9.5.5 Effekt Personenanzahl	306
9.6 Ökobilanz (LCA)	307
9.6.1 Referenzgebäude Regelfall	307
9.6.2 Referenzgebäude Suffizienz	309
9.7 Einordnung und Beurteilung der Kosten	311
10 Zusammenfassung, Empfehlungen und Fazit.....	313
Glossar	329
Literaturverzeichnis.....	333
Abbildungsverzeichnis.....	337
Tabellenverzeichnis.....	345

Anhang	347
A Auswertung der Förderrichtlinien für den sozialen Wohnungsbau der Bundesländer (Stand 12/2017).....	349
B Planungsrandbedingung der Referenzgebäude	362
C Systembad – Badtypen	365
D Technische Gebäudeausrüstung	377
E Grundrisskatalog Bausystem Flächenelemente	383

1 Einleitung

Stefan Winter, Markus Lechner, Claudia Köhler

1.1 Hintergrund des Forschungsvorhabens

In vielen Städten Deutschlands herrscht weiterhin ein großer und sich verschärfender Mangel an bezahlbarem Wohnraum. Die Urbanisierung und damit das Wachstum der Ballungsräume sind in Deutschland dem weltweiten Trend entsprechend ungebrochen.

Politik und Wohnungswirtschaft stehen unter großem Druck, sozial verträglich Wohnraum zu schaffen und anzubieten. Die Prognosen gehen von einem Bedarf von bis zu 400.000 neuen Wohnungen / Jahr im Zeitraum 2016 bis 2020 aus [1.1] [1.2].

Ein wachsender Teil der Bevölkerung verfügt nur über ein geringeres Einkommen: Alleinstehende und Alleinerziehende, junge Familien, Erwerbsunfähige, Menschen in prekären Beschäftigungsverhältnissen, Transfergeldempfänger, Menschen mit aktuellem Migrationshintergrund und Ältere mit geringeren Renten. Insbesondere die Gruppe der „armen Alten“ wird in Zukunft rasant wachsen [1.3]. Eine besondere Rolle spielen in diesem Kontext Normalverdiener im unteren bis mittleren Einkommensbereich wie Pflegeberufe, öffentlicher Dienst, Handwerk und Dienstleistung wie Gastronomie- oder Reinigungsgewerbe. Sie fallen aus der direkten Wohnungsvergabe durch Sozial- oder Arbeitsämter heraus, könnten theoretisch auf Angebote sozialen, geförderten Wohnungsbaus zurückgreifen (Wohnberechtigungsschein), finden aber nicht genügend Angebote und sind damit auf Wohnungen des freien Marktes angewiesen, die häufig das Nettoeinkommen übermäßig belasten. Ein Ausweichen in ländliche Gebiete verbunden mit hohen Fahrzeiten und den damit verbundenen sozialen Nachteilen ist die Folge. Diese Situation birgt daher erheblichen sozialen Sprengstoff. Bezahlbarer Wohnraum ist eine Grundvoraussetzung für die Teilhabe der genannten Personenkreise am städtischen Leben und bildet die Grundlage einer nachhaltigen, sozialverträglichen Stadtentwicklung.

Dem Grundbedürfnis nach bezahlbarem Wohnraum steht die Entwicklung des Immobilienmarktes entgegen. Die aktuelle Lage der Finanzmärkte mit niedrigsten Zinsen fördert die Kapitalanlagen in Immobilien, die in allen Segmenten in den Ballungsgebieten auskömmliche kurz- und langfristige Renditen versprechen. Die besten Renditen lassen sich aber nicht im sozialen Wohnungsbau, sondern im mittleren und gehobenen Luxussegment erzielen. Der hohe Nachfragedruck in diesem Bereich verknappt die Flächen, die Planungs- und die Baukapazität.

Allgemein herrscht zum Zeitpunkt der Bearbeitung dieses Vorhabens eine hohe Baukonjunktur, nicht nur in Deutschland. Eine Vielzahl von Infrastrukturprojekten, der Ausbau der erneuerbaren Energien, die Notwendigkeit des Bestandserhalts und der -verbesserung und der bereits erwähnte Trend zur Urbanisierung führt zu einem Mangel an gewerblichen Arbeitskräften (bis 2040 werden 3,3 Millionen fehlende Fachkräfte vorhergesagt [1.4]) und massiven Kapazitätsproblemen bei allen Fachplanern von Architekten über Bauingenieure bis zur Technischen Gebäudeausrüstung (TGA). Die genannten Randbedingungen führen unausweichlich parallel zu Materialengpässen. Baustoffproduzenten, Fertigteilwerke oder Transportkapazitäten sind teilweise über Monate hinweg ausgebucht.

Die genannten Randbedingungen führen in einer freien Marktwirtschaft zwangsweise insbesondere in den letzten Jahren zu fortlaufend steigenden Bau- und Instandhaltungskosten. Sie tragen neben zunehmenden Baustandards in vielen Bereichen (Wärmeschutz, Brandschutz, Schallschutz, Ausstattung, Wohnungsgrößen) dazu bei, dass Investitionen in der Folge höhere Mieten erfordern. Im Betrachtungszeitraum von 2000 bis 2014 sind die Kosten für Bauleistungen incl. MwSt. um ca. 27,7 % angestiegen und liegen damit etwas über den Teuerungen des Verbraucherpreisindex (VPI, 26,2 %). Die Steigerung der Kosten der Baukonstruktion lag dabei mit 25,3 % etwas unterhalb des VPI, die Steigerung der technischen Gebäudeausrüstung (KG 400) ist jedoch mit ca. 45,9 % überdurchschnittlich ausgefallen [1.5].

Gleichzeitig sind viele Wohnungsbaugesellschaften in kommunalem Hand und unterliegen damit einerseits politischen Vorgaben zur Sicherung der Wohnverhältnisse und andererseits eindeutig wirtschaftlichen Zwängen, sollen sie doch bestmöglich noch zur Verbesserung der Haushaltslage durch Überschüsse beitragen. Eine Quadratur des Kreises.

Dem gegenüber steht weiterhin ein Markt, der von individuellen Planungen (one - design) und Bauausführungen bestimmt wird. Standardisierte oder gar industrialisierte Angebote und Bauverfahren stehen zwar theoretisch zur Verfügung, werden aber nicht konsequent angewendet. Eine weitgehende Vorfertigung beschränkt sich - wenn überhaupt anzutreffen - auf Fertigteile oder Halbfertigteile der raumbildenden Bauteile. Der Einbau technischer Gebäudeausrüstung erfolgt im Regelfall in Handarbeit vor Ort. Es fehlt eine integrale Planung und Vernetzung der Fachdisziplinen.

1.2 Zielsetzung

In der Steigerung des seriellen und industriellen Planens und Bauens wird ein zukunftsfähiger Weg gesehen, um durch die Generierung von Preisminderungen oder zumindest Begrenzungen der Preissteigerung infolge von Serieneffekten die Entwicklung der Baukosten positiv zu beeinflussen.

Gleichzeitig sollen Planungs- Betreuungs- und Bauzeiten reduziert und die Ausführungssicherheit gesteigert, respektive der Aufwand für Mangelbeseitigung vermindert werden.

Daraus lassen sich die folgenden wesentlichen Fragestellungen ableiten:

- Ist serielles und industrielles Bauen im Kontext des sozialen Wohnungsbaus mit den technologischen Errungenschaften des 21. Jahrhunderts unter Beibehaltung hinreichender architektonischer und nachhaltiger Bauqualität möglich?
- Gelingt es durch Serieneffekte und Einsparung von Planungs- und Betreuungsleistungen eine wesentliche Senkung der Baukosten zu erreichen?
- Kann die steigende Komplexität des Bauens durch neue digitale Planungstools abgebildet werden und unterstützen diese serielles Bauen?

Dieses Forschungsprojekt ist ein Baustein im Gesamtprojekt - BAUEN MIT WEITBLICK - das durch den Forschungspartner ‚Kommunale Wohnungswirtschaft Erfurt - KoWo‘ initiiert wurde. Das Gesamtprojekt ist mit den geplanten Zeiträumen in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Die Ergebnisse des durch die KoWo bearbeiteten Vorprojektes sind in [1.6] ausführlich dargestellt und dienen als Grundlage auch für dieses Forschungsprojekt.

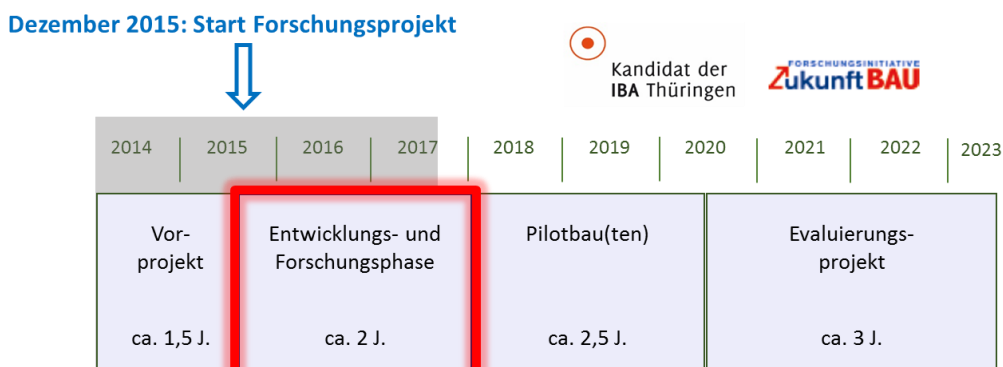


Abbildung 1 Zeitplan Gesamtprojekt BAUEN MIT WEITBLICK (BmW) der KoWo

Das wesentliche Projektziel dieses Forschungsprojektes ist die Darstellung einer Systematik (Projektentwicklung - Planung - Ausschreibung - Fertigung - Montage - Nutzung - Rückbau), die industrielles Bauen im Kontext des sozialen Wohnungsbaus unter Einhaltung gesetzter Kostenziele und Qualitätsstandards ermöglicht.

Die Ziele umfassen im Einzelnen:

- Beitrag zur Standardisierung des sozialen Wohnungsbaus auf der Grundlage eines innovativen und flexiblen Systembaukastens
- Zusammenstellung und Berücksichtigung der Anforderungen des sozialen Wohnungsbaus
- Erreichung gesetzter Kostenziele
- Einhaltung von Qualitätsstandards
- Senkung der Planungs-, Herstellungs- und Bewirtschaftungskosten durch moderne Planungs- und Bautechnologien

Die ursprüngliche Idee des Antrags war die Entwicklung **eines** Systembaukastens ‚BAUEN MIT WEITBLICK‘, der durch **einen** Systemkonfigurator mit zugehörigem Anwenderhandbuch abgebildet wird und die möglichst beliebige Generierung unterschiedlicher Gebäudetypen (Punkthaus - Mittelgang - Laubengang - Spänner) für eine möglichst große Zahl von Grundstücksconfigurationen ermöglicht, vgl. Abbildung 2.

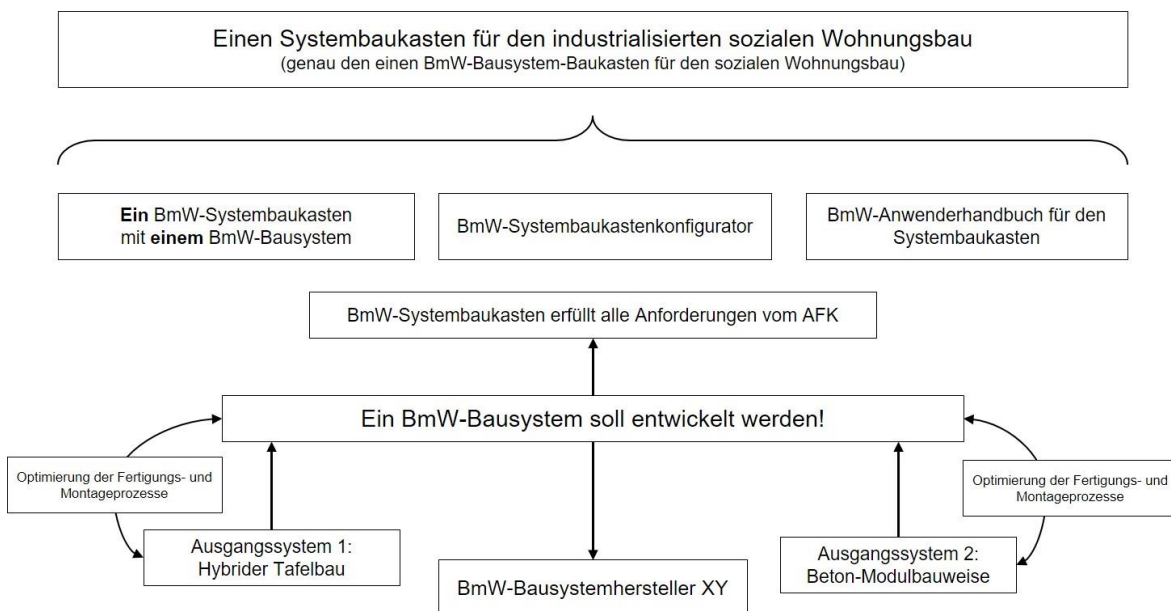


Abbildung 2 Ursprüngliche Zieldefinition des Forschungsantrages (Bauen mit Weitblick; Abkürzung BmW)

Bereits zu Beginn des Projektes zeigte sich jedoch, dass dazu die Beschränkung auf **ein spezifisches** Bausystem erforderlich geworden wäre (zu den Definitionen vgl. Kap. 2.1). Die Generierung

eines generischen Systembaukastens, der eine Vielzahl von Bausystemen umfasst, ist wegen der exponentiell steigenden Parameter Vielfalt nicht möglich.

Zur Festlegung auf **ein spezifisches** Bausystem wäre es zudem mit Blick auf die gesetzten Kostenziele erforderlich gewesen, von Beginn an die Kostenpotentiale einzelner Bausysteme abschätzen zu können.

Das Arbeitsziel wurde daher durch die Projektgruppe dahingehend konkretisiert, dass die Erarbeitung eines Leitfadens zur Entwicklung von Systembaukästen, u.a. durch Bereitstellung einer generischen (nicht spezifischen, allgemeingültigen) Systemarchitektur für einen bausystembezogenen Systembaukasten erfolgen sollte, d.h. die Definition der erforderlichen Inhalte und Komponenten eines Systembaukastens bereitgestellt wird. Das Ziel ist die Umsetzungsfähigkeit des standardisierten und modularen Planens und Bauens (industrielles Bauen) als Lösung für kostengünstigen sozialen Wohnungsbau.

Zum Nachweis der Realisierbarkeit der entworfenen Architektur in bausystembezogenen Systembaukästen und zur Ermittlung der Kosten- und Rationalisierungspotentiale sollen zwei unterschiedliche, spezifische Bausysteme herangezogen werden:

- eine hybride Bauweise aus flächigen, vorgefertigten Elementen bestehend aus Holztafelbauweise für Wände und Dächer mit Betonfertigteilen (Spannbeton-Hohldielen) für die Decken (Partner Regnauer) - im Weiteren als „System Flächenelemente“ bezeichnet,
- eine Modulbauweise aus Beton mit weitgehend vorgefertigten 3D-Raummodulen (Partner Max Bögl) - im Weiteren mit „System Raummodule“ bezeichnet.

Bauweisenunabhängig wurden für einen Systembaukasten folgende Ziele definiert:

- Nachweis der Realisierbarkeit unterschiedlicher Konfigurationen von Gebäudeformen, Wohnungsmix und Geschossigkeit bei Einhaltung der Förderbedingungen sozialen Wohnungsbaus und unter Berücksichtigung aller baurechtlichen Anforderungen
- Erhalt der architektonischen Vielfalt
- Minimierung der individuellen Planungsaufwendungen in der gesamten Planungskette, insbesondere der sogenannten Umsetzungs- oder Anpassungsplanung
- Minimierung der erforderlichen Betreuungsleistungen durch die Bauherren
- Zeitersparnis in der Planungs- und Errichtungsphase

- Realisierbarkeit von Serieneffekten durch wiederholte Verwendung gleicher Einheiten
- Möglichst weitgehende Integration von TGA, klare Darstellung von Schnittstellen (z.B. zu Wärmerversorgungs-Systemen)
- Nutzung (vorhandener) digitaler Instrumente zur Prozessoptimierung und zur Darstellung der Systembaukästen in Form von Konfiguratoren, insbesondere Evaluierung der sinnvollen Nutzung von Instrumenten des Building Information Modeling (BIM)

Die konzipierten Geschosswohnungsbauten sollen

- durch Standardisierung und Wartungsfreundlichkeit kostengünstig,
- architektonisch ansprechend und städtebaulich attraktiv,
- für möglichst viele Zielgruppen interessant und
- für viele verschiedene Grundstücke gleichermaßen geeignet sein sowie
- Wohnraum vom einfachen bis mittleren Standard beinhalten.

Um dies zu erreichen, sollten ergänzend noch eine Reihe untergeordneter Ziele untersucht werden, z.B.:

- mögliche Optimierung (z.B. Lüftung), Integration und Systematisierung Technischer Gebäudeausrüstung
- Optimierung von Bädern und deren Renovierbarkeit
- Standardisierte Applikationsmöglichkeiten von Balkonen, Fassaden usw.

Das Forschungsprojekt soll im Rahmen des Gesamtprojektes - BAUEN MIT WEITBLICK - zur Entwicklung einer strategischen Veränderung von Bauprozessen in der Wohnungs- und Bauwirtschaft beitragen und am Beispiel des sozialen Wohnungsbaus die Möglichkeiten der Entwicklung echter Industriestandards auch im Bauwesen aufzeigen.

1.3 Vorgehensweise und Methodik

Für die Bearbeitung wurde das Projekt in fünf fachliche Arbeitspakete und ein koordinatives Arbeitspaket gegliedert. Der folgende Arbeitsplan fasst stichpunktartig die im Rahmen dieses Vorhabens durchgeführten Untersuchungen zusammen.

Arbeitspaket 1 - Leistungsanforderungen

- Präzisierung der Anforderungen der Nutzer und Betreiber über den Lebenszyklus
- Anforderungen aus architektonischer und technischer Sicht
- Anforderungen der sozialen Nachhaltigkeit von Wohnungsbauten

Arbeitspaket 2 - Planung

- Entwicklung von Grundriss- und Gebäudekonfigurationen unter Beachtung wirtschaftlicher und technischer Restriktionen und unterschiedlicher Maßsystematiken der ausgewählten Bausysteme

Arbeitspaket 3 - Systementwicklung

- Erarbeitung der Produktarchitektur von Systembaukästen, die industrielles Bauen im Kontext des sozialen Wohnungsbaus ermöglicht
- Technische Umsetzbarkeit von Bausystemen in einem Systembaukasten (Raummodule / Flächenelemente)
- Empfehlungen zur Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) und Energieplanung für den sozialen Wohnungsbau
- Modularisierung der TGA für den Systembaukasten
- Entwicklung eines Systembads für den sozialen Wohnungsbau

Arbeitspaket 4 - Umsetzung:

- Optimierung der erforderlichen Fertigungsprozesse von Bausystemen
- Erarbeitung von Systematiken zu Konfiguratoren für Systembaukästen von **spezifischen** Bausystemen
- Ermittlung der Kostensenkungspotentiale durch industrialisiertes Bauen
- Prozessbeschreibung von industrialisiertem Bauen

Arbeitspaket 5 - Kostenmodelle (horizontal):

- Berechnung LCA und LCC Daten zur Iteration in den Arbeitspaketen 1 - 4.
- Ermittlung von Kostensenkungspotentialen

Arbeitspaket 6 - Koordination

- Organisation der Projekttreffen zur Koordinierung der Arbeitspakete in den Modulen
- Kontrolle des vereinbarten Projektfortschrittes und der Arbeitsergebnisse
- Berichterstattung an und Kommunikation mit den Fördermittelgebern

Die Bearbeitung des Forschungsprojekts erfolgte in einem interdisziplinären Projektteam. Das Team besteht aus der Bandbreite der am Bau Beteiligten Personenkreise (Bauherren, Planer, Bauindustrie). Abbildung 3 zeigt die Zusammensetzung des Projektteams.

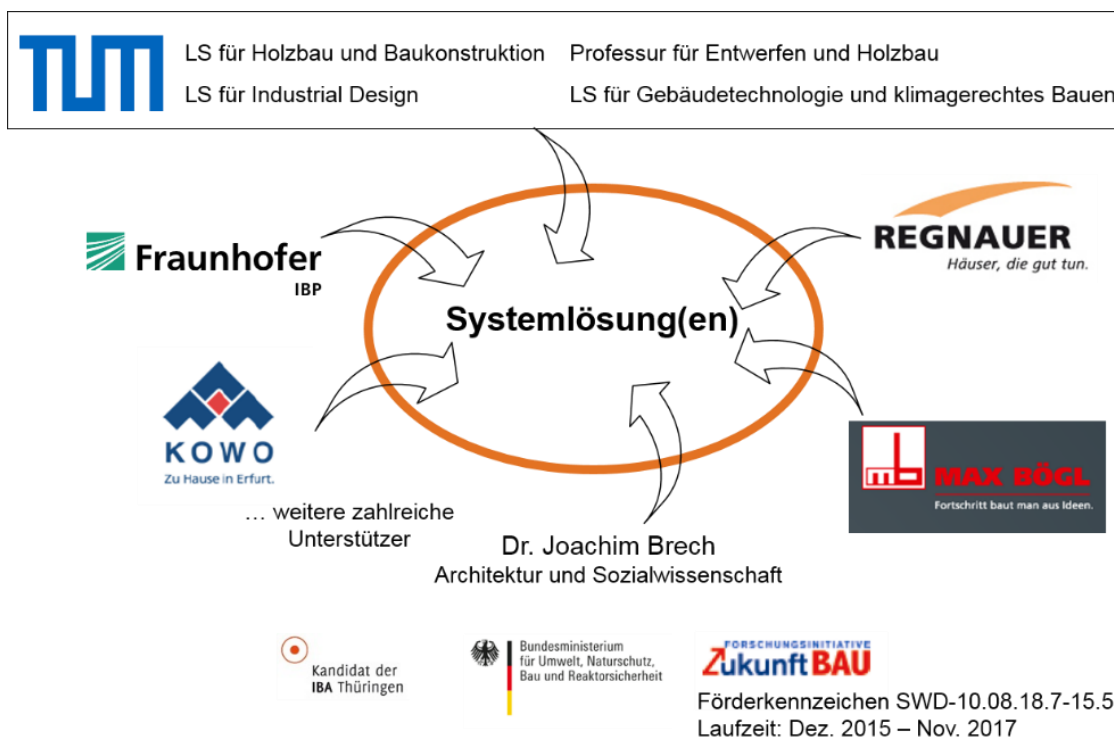


Abbildung 3 Projektteam Bauen mit Weitblick

Durch die Zusammenführung verschiedener Expertisen sollen Ideen generiert und Systemlösungen entwickelt werden. Dazu wurden wie in nachstehender Grafik abgebildet Themenfelder gebildet und in einem fortlaufenden Dialog der Projektpartner bearbeitet.

Grundlage für die Entwicklung der Architektur von Systembaukästen und der bauweisenspezifischen Systembaukästen stellen dabei die für den sozialen Wohnungsbau erforderlichen Leistungsmerkmale dar. Durch Einbezug aller Beteiligten sollte ein umfassendes Kompendium an Anforderungen erarbeitet werden, welches als Grundlage für die iterative Vorgehensweise dient. Nur durch das iterative Zusammenspiel der verschiedenen Fachdisziplinen und die Rückkopplung der Erkenntnisse in alle Arbeitsbereiche können valide und konstruktive Ergebnisse erzielt werden.

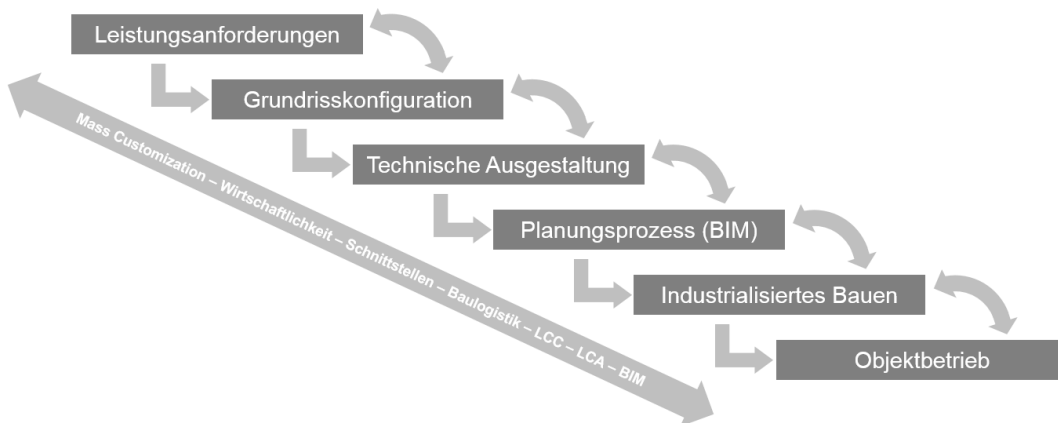


Abbildung 4 Themenfelder und iteratives Vorgehen im Projekt

Für die Analyse und Erprobung entwickelter Konzepte wurde ein virtuelles Referenzgebäudemodell erstellt. Es handelt sich in seiner Basisversion um ein fünfgeschossiges Wohngebäude in Mittelflur-typologie. Weitere Typologien wurden daraus abgeleitet. Das betrachtete Grundstück ist ein fiktives ebenes Grundstück mit ausreichenden Abstandsflächen und gesicherter Erschließung. Basierend auf dem virtuellen Referenzgebäudemodell wird die Anwendbarkeit der Bauweisen spezifischen Systembaukästen überprüft. Die konkrete Anwendung der jeweiligen Entwicklungsstände der Systembaukästen ermöglicht zudem eine aktuelle, marktgerechte Kostenkalkulation. Die skizzierte Vorgehensweise soll einer realistischen, marktkonformen, baupraktisch umsetzbaren und zielgerichteten Entwicklung der Architektur von Systembaukästen unter Berücksichtigung von Planung, Konstruktion, Technischer Gebäudeausrüstung, Prozessoptimierung und Digitalisierung dienen. Die Arbeit am konkreten Modell soll die Identifizierung bestehender Defizite in den einzelnen Entwicklungsstufen erleichtern. In Abbildung 5 ist das Konzept der iterativen Arbeitsweise mittels der Referenzgebäude dargestellt.

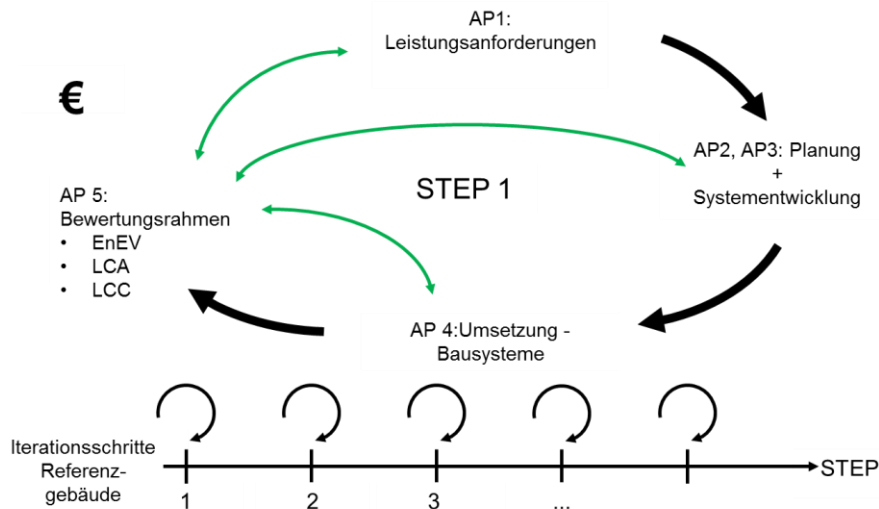


Abbildung 5 Iterativer Planungsablauf zur Erprobung entwickelter Konzepte mittel Referenzgebäuden

Anhand der Referenzgebäude soll auch die Auswirkung unterschiedlicher Ausstattungsstandards untersucht werden - von Regelfall über Suffizienzstandard bis zu einem erweiterten Standard.

Mit Hilfe der Referenzgebäude sollen folgende Punkte untersucht werden:

- Die Lebenszykluskosten (LCC) und der Vergleich mit dem Kostenziel
- Der Nachweis der Realisierbarkeit entwickelter Lösungen der jeweiligen Fachdisziplinen
- Die Identifizierung und Analyse von Einsparpotentialen durch Serieneffekte

Eine detaillierte Erklärung der Planungsrandbedingungen ist im Anhang B zu finden.

2 Serieller und industrieller Wohnungsbau

Hermann Kaufmann, Markus Lechner, Sandra Fleischmann, Joachim Brech

2.1 Begriffsdefinitionen

Im Bereich des industriellen Bauens werden vielerlei Begriffe verwendet, die nicht klar definiert sind und für Sprachverwirrung sorgen. Für die vorliegende Arbeit werden folgende Begriffsdefinitionen festgelegt:

Serielles Bauen

Überbegriff für Bauweisen, die auf Grund von Standardisierungen einen Wiederholungsfaktor implizieren mit dem Versprechen von Vereinfachung und damit Kostenersparnis. Gegensatz zu individualisiertem Bauen.

Industrielles Bauen [2.1]

Industrielles Bauen wird auch als die Kombination von verfahrenstechnischen und strategischen Maßnahmen bezeichnet. Verfahrenstechnisch lässt sich dies durch standardisierte Bauverfahren, Bauteile und Baustoffe, den Einsatz vorgefertigter Bauteile und auch durch die zunehmende Automatisierung auf Baustellen (z. B. Bauroboter) realisieren. In strategischer Hinsicht besteht industrielles Bauen aus einem optimierten Produktions- und Angebotsprogramm, der Unterstützung bei der Planung neuer Bauprojekte und einer verstärkten Vorbereitung der Arbeitsprozesse. Diese Strategien lassen sich durch den Einsatz von CAD- und CIM-Systemen, einer prozessorientierten Organisation und neuen Kooperationsnetzwerken umsetzen.

Industrialisiertes Bauen

Standardisierung sowohl des Planungs- Produktions- als auch Bauprozesses mit dem Ziel maximaler Rationalisierung.

System [2.2]

Ein System ist ein aus mehreren Teilen bestehendes geordnetes Ganzes.

Bausysteme [2.3]

In einem Bausystem wird die Summe aller Elemente sowie deren Kombination planmäßig festgelegt.

Bauweise [2.10]

Im Bauwesen versteht man unter Bauweise die Art und Weise, in der ein Bauwerk errichtet wird. Bauweisen werden nach verschiedenen Merkmalen kategorisiert:

- Material: Holzbauweise, Mauerwerksbauweise, Kombinierte Bauweise, hybride Bauweise, etc.
- Baukonstruktion: Leichtbauweise, Massivbauweise, etc.
- Montage der Bauteile: Fertigteilbauweise, Großtafelbauweise, Raumzellenbauweise, etc.
- Art der Herstellung: Nass- oder Trockenbauweise
- Tragwerk: Skelettbauweise, Schottenbauweise, etc.

Baukasten [2.4]

Ein Baukasten ist eine Sammlung einer gewissen Anzahl verschiedener Elemente, aus welchen sich verschiedene Dinge zusammensetzen lassen.

Bauprogramm [2.5]

Im Bauprogramm sind sämtliche Kombinationsmöglichkeiten, die ausgeführt werden sollen, dargestellt.

Baumusterplan [2.5]

Der Baumusterplan zeigt nur charakteristische Kombinationsmöglichkeiten in sinnvoller Auswahl aus der möglichen, unübersehbaren Vielzahl der Kombinationen.

Baukastensystem [2.6]

Ein Baukastensystem besteht aus einer Anzahl von Bausteinen, die anwendungsspezifisch ausgewählt und unter Beachtung von Verträglichkeiten miteinander kombiniert werden, um in einem begrenzten Anwendungsbereich Baukastenprodukte zu konfigurieren. Bausteine als Objekte eines Baukastensystems (z.B. Maschinen, Baugruppen oder Einzelteile) konfigurieren Baukastenprodukte. Sie besitzen normierte Gestalt- und Werkstoffeigenschaften, sind aufeinander abgestimmt, konkret oder abstrakt und können aus (weniger komplexen) Bausteinen bestehen. Beim konfigurieren werden Bausteine nach einem vorgedachten Zweck angeordnet ohne ihre Gestalt zu verändern.

Systembaukasten

Ein Systembaukasten ist ein Baukastensystem eines spezifischen Systems, beispielsweise eines speziellen Bausystems. Mit einem Systembaukasten können Produkte in einem Anwendungsfeld erstellt werden. Im Forschungsprojekt ist das Anwendungsfeld der industrialisierte soziale Wohnungsbau. Ein Systembaukasten ist also **ein** mögliches Baukastensystem in einer Bauweise.

In den folgenden Kapiteln wird unter dem Begriff Systembaukasten immer der Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau verstanden.

2.2 Entwicklung, Stand heute

In den 1960er-Jahren befand sich das industrielle Bauen im Wohnungsbau auf seinem bisherigen Höhepunkt. Unterschiedliche städtebauliche und architektonische Utopien wie, Metastadt Wulfen, Plattenbau in der BRD und der damaligen DDR, Holzbauten des Konrad Wachsmann (Pionier des industriellen Bauens), das General Panel System von Konrad Wachsmann und Walter Gropius, Ernst May Siedlung Frankfurt etc. entstanden, um nur einige zu nennen.

In der DDR entwickelte sich nach dem 2. Weltkrieg im großen Stil staatlich gelenkter, uniformer Massenwohnungsbau in industrieller Bauweise – der Plattenbau. [2.7] Die gestalterische Monotonie der Architektur bedeutete jedoch gleichzeitig das Ende des industriellen Bauens. Die zu radikale Standardisierung der Grundrisse und Bauelemente im Zusammenhang mit wenig Gestaltungswillen ergab eine Banalisierung der Architektur, die einstmals aus ideologischen Gründen gefordert war, die heute aber nicht mehr dem Wunsch nach Identifikation und Vielfalt und nicht den Prinzipien nachhaltiger Architektur entspricht. Denn zu dieser gehört eine ansprechende Gestaltung, die nicht zu Abrissen von Gebäuden nach 30 Jahren sondern zu einem langfristigen Erhalt führt. [2.7]

Der industrielle Wohnungsbau hat bisher keinen großen Marktanteil gewinnen können, obgleich er, wie kein anderes Segment des Bauens, wegen der Gleichartigkeit der Gebäude dafür bestens geeignet wäre. Freilich ist einzuräumen, dass Investoren / Bauunternehmen die hohen Investitionen, die der Aufbau einer industriellen Produktion, die diesen Namen verdient, für den Wohnungsbau in großem Stil erfordert, bisher gescheut haben.

2.3 Vorbehalte gegen serielles, industrialisiertes Bauen

Die Idee mit einer industrialisierten seriellen Bauweise im sozialen Wohnungsbau kurzfristig kostengünstigen Wohnraum schaffen zu können, stößt ungeachtet des dringenden Neubaubedarfes und

trotz einiger guter Beispiele am Markt immer noch auf Skepsis, Vorurteile und Ressentiments. Diese Vorurteile werden in erster Linie vom Klischee der Plattenbauten der 1950er bis 1970er Jahre getragen. Diese zeugen mehrheitlich davon, dass in kürzester Zeit Wohnraum auf oft zu engem Raum zugunsten der schnellen Überwindung der Wohnungsnot geschaffen wurde und dessen qualitative Möglichkeiten aufgrund der zur Verfügung stehenden Mittel äußert begrenzt waren. Im Besonderen die Wohnungspolitik der damaligen DDR war verbunden mit der gesellschaftlichen Zielstellung „Schaffung gleicher Lebensbedingungen“ und der Einführung einer sozialistischen Lebensweise. Uniformität war Programm, die heute empfundene Monotonie war damals nicht negativ besetzt.

Offenbar bestehen seitens vieler **Wohnungsunternehmen**, die auch die Bedürfnisse der Nutzer repräsentieren müssen, Vorbehalte gegenüber serielltem Bauen. Die negativen Schlagworte lauten Platte 2.0 oder Containerbau.

Dass ausgerechnet der Bau von Wohnungen für Flüchtlinge dem industriellen Bauen einen An Schub gab, zeigt, dass man normales Wohnen noch nicht für ein Segment des industriellen Bauens hält. Es wird verschiedentlich unterstellt, industrielles Bauen sei architektonisch einfallslos, führe zu stereotypen Ergebnissen. Im Blick sind die Großsiedlungen der 70er-Jahre und ist der Plattenbau der DDR. Übersehen wird hierbei, dass es sich dabei um ein Beton gewordenes Sozialprogramm handelte, die Egalisierung und Einförmigkeit der Gebäude also nicht dem Bausystem, sondern dem Sozialprogramm geschuldet ist. Abgesehen davon würde das Urteil „schlechte Architektur“ durchaus auf das Gros des konventionell hergestellten Wohnungsbaus zutreffen.

Weiterhin sieht man sich mit der Einstellung konfrontiert, dass durch die Nutzung serieller bzw. industrieller Bauweisen keine Kostenvorteile gegenüber konventionellen Bauweisen erzielt werden können. Dieses weit verbreitete Vorurteil wird durch Angaben einzelner Anwender und Anbieter elementierter oder modularisierter Bauteile und Bausysteme bekräftigt, die bisher zwar Zeitvorteile aber keine Kostenvorteile durch die Anwendung dieser Systeme generieren konnten.

Derzeit gibt es keine Hersteller, die offene Bausysteme anbieten, die offen für externe Planung sind. Daher ist ein Aufgabenfeld in diesem Bereich für **Architekten** bis dato kaum vorhanden, womit sich nur wenige Architekten und Planer mit industriellem Bauen beschäftigen. Auch gibt es durchaus Vorbehalte:

- Industrielles Bauen behindert die Gestaltungsfreiheit und setzt ungewohnte Kooperationsformen bei der Planung voraus. Die Architekten müssten ihre Entwürfe schon von der ersten Idee an auf

eine Systematik abstimmen, ja eigentlich müssten sie sich schon für einen bestimmten Anbieter entscheiden

- Das industrielle Bauen reduziert den Leistungsanteil der Planer (Architekten, Tragwerksplaner, TGA, etc.) sie müssten auf einen Honorarbestandteil verzichten, denn Detail und Ausführungsplanung sind nicht mehr notwendig. Der Kostenvorteil geht teilweise zu Lasten der Planer
- Die industrielle Bauweise erfordert neue Spezialisierung und neue Arbeitsweisen.
- Der Architekt müsste mit einem CAD-Programm arbeiten, das mit der Software des Produzenten kompatibel ist
- Die für Ausführungsplanung und Produktion mit der Entwurfssoftware kompatible Software ist – soweit schon verfügbar – zu teuer für ein mittelständisches Architekturbüro

Diese Aspekte dürften mitunter maßgeblich sein und mehr wiegen als die befürchtete oder unterstellte Monotonie der Architektur. Der seit einigen Jahren wieder belebte Holzbau zeigt im Gegenteil, dass eine vorgefertigte Bauweise nicht im Widerspruch zu hoher Architekturqualität stehen muss.



Abbildung 6 Wohnanlage Ölbüent Dornbirn, 1997, (Arch Hermann Kaufmann)

Auch von Seiten der **Nutzer** bestehen große Vorbehalte insbesondere in Bezug auf Qualität. Die industrielle Bauweise ist prinzipiell strukturell aufgebaut und sehr präzise, ihre Qualität kommt zum Tragen, wenn das Strukturelle nicht bei der Basiskonstruktion, dem Tragwerk, endet, sondern alle Elemente umfasst: die Wände, Decken, Installationen usw. Das Prinzip des Modularen ist die Montage. Das heißt, die einzelnen Teile des Gebäudes werden nicht wie beim Ziegelbau oder beim konventionellen Betonbau vermörtelt oder vergossen, es wird nicht gespachtelt, sondern verschraubt, teils verklebt oder abgeklemmt. Zwischen den einzelnen Bauteilen gibt es deshalb Fugen. Die Fuge ist gewissermaßen das Symbol für das psychologische Problem. An ihr sieht man die

Konstruktionsprinzipien. Das wird nicht gewünscht, weil es ‚billig‘ aussehen könnte. Konsequenz wäre es jedoch, bei der elementierten Bauweise die Fugen nicht zu verstecken mit Leisten, Füllmasse u.a. Dann gibt es im Raum Linien und Schattenkanten. Aber das möchten viele Nutzer nicht. Hier liegen die Ursachen für den Wunsch nach einer individuell gebauten und gestalteten Wohnung. Supermoderne Wohnungen, zum Beispiel mit gänzlich offenen Grundrissen, raumhohen Türen, raumhohen Verglasungen, ausgestattet mit allen technischen Raffinessen usw., die man abgrenzend Design- oder Loft- oder Architektenwohnungen nennt, sind in der Breite nicht gefragt. Das Strukturelle, das Einfache, das Präzise und das Sichtbarmachen der Konstruktion ist bei der Wohnung nicht gewünscht. Man sieht das daran, dass die Anbieter von Einfamilienhaus-Fertighäusern alles tun, um die Konstruktionsweise zu verbergen. Hauptsächlich geht es um die Oberflächen: Fußboden, Putz, Fliesen usw. Das ist nicht nur in Deutschland so. Auch in Japan werden Schein-Klinker-Fassaden an industriell hergestellte Wohnhäuser angebracht.

Wohnen hat eine zentrale Bedeutung im Leben der Menschen. Einige Stichworte: Die Wohnung als Rückzugsraum, als privater Raum, als Schutzraum, Refugium, Raum für eigene Gestaltung, für die Präsentation der eigenen Identität, für soziale Repräsentation, Grundlage für Integration usw.. Tiefliegende, ja archaische, Bedürfnisse liegen dem zu Grunde. Auch ist die Wohnung der private Gegenpol zum Öffentlichen und zur Arbeitswelt, wo oft wenig Raum für die Entfaltung der eigenen Identität besteht. Diese Fokussierung des Lebens auf die Wohnung ist der Grund für den Erfolg der Einrichtungshäuser.

3 Anforderungen Systembaukasten

Sandra Fleischmann, Joachim Brech, Sebastian Schäller, Claudia Köhler

3.1 Allgemeines

Die Entwicklung eines Systembaukastens für den sozialen Wohnungsbau, also eines Regelwerks für industriell zu fertigende Gebäude, setzt voraus, die Anforderungen die heute und – mit Blick auf Nachhaltigkeit – auch in einer überschaubaren Zukunft an städtisches Wohnen gestellt werden, zu beschreiben. Denn das Regelwerk hat den Anforderungen zu genügen und nicht umgekehrt. Der Anforderungskatalog darf indes nicht apodiktische Vorgaben machen, denn ein Bausystem kann nicht jede einzelne Anforderung zu hundert Prozent erfüllen. Und schließlich ist der Katalog selbst kein abgeschlossenes Kompendium. Er muss offen bleiben für neue Erkenntnisse und Entwicklungen.

Der in diesem Forschungsprojekt als Grundlage für die Entwicklung eines Systembaukastens für den industriellen Wohnungsbau entwickelte Anforderungskatalog stellt eine Gratwanderung dar. Nur mit einem immensen methodischen Aufwand sind die Anforderungen aufzuschlüsseln und miteinander in Bezug zu setzen. Neben den betreiber- und nutzerseitigen Anforderungen haben Planer und Ausführende den gesetzlichen Vorgaben, Richtlinien und Normen sowie den technischen Anforderungen zu folgen. Ergänzend dazu sind für die Wahrung einer architektonischen Nachhaltigkeit gestalterische Grundprinzipien unerlässlich.

Im Wohnungsbau treffen viele Interessen zusammen

Die Anforderungen an den sozialen Wohnungsbau sind eine komplexe Gemengelage unterschiedlicher Interessen: Wirtschaftliche aus der Sicht der Wohnungsunternehmen; öffentliche in Bezug auf die Verwendung von Fördermittel; architektonische und städtebauliche aus der Sicht der Baukultur der Städte; ökologische aus der Sicht des Ressourcenverbrauchs. Und vor allem auch soziale Wünsche aus der Sicht der Nutzer. Bei den Anforderungen verschränken sich gesellschaftliche Interessen - etwa der Sparsamkeit im Umgang mit Ressourcen - und individuelle Wünsche nach Verbesserung der Wohnsituation. Hinzu kommt bei der Festlegung von Anforderungen erschwerend, dass innerhalb jeder Interessengruppe ganz unterschiedliche Vorstellungen bestehen können.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass Ziele zeitbedingt sind. Die Arbeitswelt, die Haushaltsformen und Lebensstile befinden sich in einem Wandel. Dem Wohnen – der Wohnung, der Wohnanlage,

dem Quartier – erwächst eine neue Bedeutung, dem in einem Anforderungskatalog Rechnung zu tragen ist. Die ständige Anpassung der Anforderungen an die Dynamik der gesellschaftlichen Entwicklung ist zwingend.

Neue Erkenntnisse oder neue Technologien können Kettenreaktionen hinsichtlich der Anforderungen auslösen, d.h. die Realisierung einer bestimmten Anforderung betrifft andere. Ein Beispiel: Wärmedämmung und dicht schließende Fenster machen eine erzwungene Wohnraumlüftung erforderlich. Es entstehen neue Kosten für die Wartung der Lüftungsanlagen. Die Wohnungswirtschaft möchte den Mietern die Umstände der Wartung nicht zumuten. So sind viele Bereiche mit einem Thema befasst: Haustechnik, Architektur, Hausbewirtschaftung, Abrechnung.

Auch die Rahmenbedingungen für den sozialen Wohnungsbau sind keine fixe Größe, sondern mit bestimmt von politischen Konstellationen – z.B. Förderung des Eigentums oder von Mietwohnungen - und den agierenden Lobbyisten der gesamten Branche.

In einer Gesellschaft hoher und größer werdender Regelungsdichte wird das ohnedies komplexe Thema Wohnen zunehmend kompliziert, und immer neue Anforderungen tragen neben all den anderen Kostenkomponenten wie die Grundstückspreise mit dazu bei, dass die Wohnkosten steigen. Insofern liegt die Aufforderung nahe, die Komplexität der Anforderungskataloge zu reduzieren, d.h. die Sinnfälligkeit einer jeden Anforderung und auch ihre Wirkungszusammenhänge zu überprüfen.

Worauf könnte sich ein Anforderungskatalog als Grundlage für einen „Systembaukasten“ also stützen angesichts dieser Komplexität?

Erstens, die bestehenden Normen und Richtlinien

Industrielle Produktionsweisen beruhen auf Standards, Richtlinien und Regeln. Ohne diese wären die Produkte unbezahlbar und möglicherweise sogar schädlich für die Nutzer. Beim Wohnungsbau gelten relativ klare Standards und es gibt Richtlinien, die den Nutzer schützen sollen und – sofern es sich um geförderte Wohnungen handelt - für den sinnvollen Umgang mit den Fördermitteln sorgen sollen. Immer neue soziale und ökologische Anforderungen haben dazu geführt, dass das Kompendium der Standards und Richtlinien immer umfangreicher wurde. Und dass die Zuständigkeit für den geförderten Wohnungsbau bei den Bundesländern liegt, hat den Umgang mit dem Regulierungskompendium weiter verkompliziert.

Einmal gesetzte Standards und Richtlinien lassen sich nur schwer revidieren, da sie oft in langwierigen Prozessen und nach bestem Wissen der Entscheidenden zustande gekommen sind. Und es

ist schwierig, einem einzelnen Standard, einer einzelnen Regel einen unmittelbaren Kosteneffekt zuzuschreiben. Der Kern für die hohen Kosten liegt vielmehr darin, dass der Wohnungsbau nach wie vor handwerklich hergestellt und demgemäß handwerklich geplant wird. Würde man andere Produkte des Alltags in dieser Weise produzieren, sie wären zwar sicher und brauchbar, aber nicht zu bezahlen. Dass Standards und Richtlinien gleichwohl kontinuierlich hinsichtlich ihrer Sinnfälligkeit zu überprüfen sind, bleibt dessen ungeachtet eine Aufgabe in einer sich wandelnden Gesellschaft. Die Standards und Richtlinien gelten für jede Produktionsweise – konventionell oder industriell – gleichermaßen.

Zweitens, das Urteil der Wohnungswirtschaft

In den Wohnungsunternehmen ist wohnungswirtschaftliche und wohnsoziologische Kompetenz versammelt, und man kann annehmen, dass die Verantwortlichen auf ein nachhaltig tragfähiges Portfolio achten (jedenfalls beim Mietwohnungsbau). Die Wohnungswirtschaft bildet für den Anforderungskatalog gewissermaßen die Referenz ab für die Nachfrage, also den Markt.

Drittens, die Erkenntnisse der sozialwissenschaftlichen Forschung über Wohnen und Wohnwandel

1

¹ „Wohnwandel“ ist als Folge des gesellschaftlichen Strukturwandels zu sehen. Dieser wird nachfolgenden Bereichen aufgeschlüsselt:

- Demografischer Wandel – Alterung. Hierzu gibt es zahlreiche Berichte über neue Wohnformen wie z.B. Jung und Alt (siehe die Publikationen des Bundesministeriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (kurz: BMFSFJ) sowie die Publikationen zum barrierefreien Bauen), Alten-Wohngemeinschaften, dezentrale Konzepte zur häuslichen Pflege usw. Das Thema wird sowohl für städtisches als auch ländliches Wohnen behandelt.
- Migration. Hier lautet das Stichwort: Konzepte zur Integration. Eine umfangreiche empirische Studie über 70 Wohnanlagen in Wien liegt seit 2017 vor, 2018 auch in Englisch: Joachim Brech, Heidrun Feigelfeld: Zusammenleben in Wohnanlagen. In Herbert Ludl (Hrsg.): Integration im Wohnbau. Modelle für ein Soziales Zusammenleben. Birkhäuser-Verlag, 2017.
- Neue Haushaltsformen. Hier wird die Zunahme der Einpersonenhaushalte in den Städten beschrieben mit den entsprechenden Folgen für den Wohnungsmarkt und das soziale Zusammenleben. Zugleich wird – im Gegensatz dazu – der Mangel an bezahlbarem Wohnraum für Familien mit Kindern thematisiert.
- Neue Lebensstile. Hier werden die sozialen Milieus beschrieben (in Anlehnung an sinus-Milieus) mit ihren ganz speziellen Anforderungen an Wohnung und Wohnumfeld.
- Die Folgen der „neuen Arbeitswelt“ mit dem Verlust von Arbeitsplätzen auf der einen, dem Entstehen neuer auf der anderen, wird in der Diskussion sowie bei der Praxis der Wohnbauplanung allerdings weitgehend ausgeblendet. Zum Beispiel gibt es kaum Konzepte, wie wohnungsnah und kostengünstige Räume in neuen Wohnanlagen integriert werden können. Ebenso bleibt die Frage, wo in der Wohnung ein Home-Office eingerichtet werden kann, kaum beachtet.

Eine umfassende Studie, bei der alle diese Themen und ihr Zusammenhang dargestellt werden, wurde von der Schaderstiftung in Auftrag gegeben und ist auf der Homepage der Stiftung in Auszügen zu finden www.schader-stiftung.de oder unter insgesamt unter www.joachimbrech.de

Studien dazu, beauftragt von Staat oder Kommunen, Stiftungen oder den Wohnungsunternehmen, gibt es in unübersehbarer Zahl.

Indes: Auch diese Referenz ist von Widersprüchen durchzogen, vor allem dem zwischen Beharrung und Dynamik. Weder die in Institutionen Beschäftigten noch die Nutzer verabschieden sich gern von Gewohntem. Ein Beispiel: Wenn laut Förderrichtlinie für ein Zimmer im Minimum 9 m² vorgeschrieben sind, wobei es ganz egal ist, wie das Zimmer geschnitten, wie es belichtet, wie es möblierbar ist, dann kann es sein, dass ein hervorragend organisiertes Zimmer, das aber einen Quadratmeter weniger hat, nicht genehmigt wird. Eine schwierige Diskussion, denn die Richtlinien dienen ja auch dem Schutz der Nutzer. Ob man nicht annehmen könnte, dass ein Wohnungsunternehmen im eigenen Interesse darauf achtet, gute - in diesem Sinne nachgefragte, gerne angenommene, nutzergerichte - Wohnungen zu bauen? Bezüglich der sozialwissenschaftlichen Expertise sind die Ergebnisse oft kaum mit der Wirklichkeit des Planens und Bauens zu verbinden. Da alle Mitentscheidenden selbst nach einem bestimmten Lebensstil wohnen, bringen sie auch ihre eigenen Wünsche und Erfahrungen ein und neigen dazu, diese zu verallgemeinern, ein sozialpsychologisch zu analysierendes Phänomen, auf das hier nur hingewiesen wird, um die Bedingtheit jedes Anforderungskatalogs zu verdeutlichen.

In Summe aber kann man die an den sozialen Wohnungsbau gestellten Anforderungen als das Ergebnis des gesellschaftlichen jeweils erzielten Konsenses darüber bezeichnen, welche Wohnqualität den Wohnberechtigten als angemessen zuerkannt werden sollte. Zum Teil ist dieser Konsens in Normen, Richtlinien, Förderkriterien und anderem verbindlich vereinbart, teils ist es der Markt, den es auch im sozialen Wohnungsbau gibt, der z.B. über Mietspiegel die Maßstäbe setzt.

3.2 Vorgehensweise

Ausgangspunkt für die Erarbeitung eines marktkonformen Anforderungskatalogs für den sozialen Wohnungsbau stellt das Forschungsziel dar - die Entwicklung eines Systembaukastens für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau. Hierfür werden im ersten Schritt alle Leistungsanforderungen, gesellschaftlichen und sozialen Standards, die sich aus den verschiedenen Fachbereichen der Architektur, Konstruktion, technischen Gebäudeausrüstung usw. ergeben, zusammengetragen. Grundlage für die Sammlung von Anforderungen stellt die Auswertung realisierter Projekte des sozialen Wohnungsbaus dar, die den Kriterien und Anforderungen des Strukturwandels sowie der sozialen Nachhaltigkeit genügen. Als Beispiel sind hier die Projekte des Wiener Wohnungsbaus u.a. die Preisträgerentwürfe zum Bauträgerwettbewerb Kostengünstiges Wohnen in Wien (2014), Entwürfe im Rahmen des „Kooperationsprogramms“ der Wohnbauinitiative für die Seestadt Aspern und

die durch den Wiener Wohnbaupreis ausgezeichneten Projekte zu nennen. Ergänzt wurden diese durch die Erfahrung der Projektpartner und die vorab erfolgte Recherche einschlägiger Literatur im Vorprojekt der KoWo [1.6]. Darauf aufbauend erfolgt die Gruppierung der Anforderungen nach nutzer- und betreiberseitigen, technischen und konstruktiven sowie gestalterischen und architektonischen Rahmenparameter. Abhängigkeiten zwischen den Anforderungen werden aufgezeigt und können hinsichtlich der Zielerfüllung bewertet werden. Dies ermöglicht entscheidende Rückschlüsse zu Gunsten eines marktkonformen Bedarfsprofils auf Basis der Grundzüge industriellen Bauens. Im letzten Schritt werden die verbleibenden Anforderungen der jeweiligen Kategorien zu einem Katalog zusammengefasst. Die Anforderungen sind dabei allgemeingültig formuliert, sodass keine spezifischen Vorgaben an Bauweisen, Konstruktionen oder Bausysteme gestellt werden. Dadurch wird eine systemoffene Beschreibung der Leistungsanforderungen an einen Systembaukasten für den sozialen Wohnungsbau gewährleistet. In Abbildung 7 ist das gewählte Vorgehen zur Entwicklung des Anforderungskatalogs abgebildet. [3.8 bis 3.12]

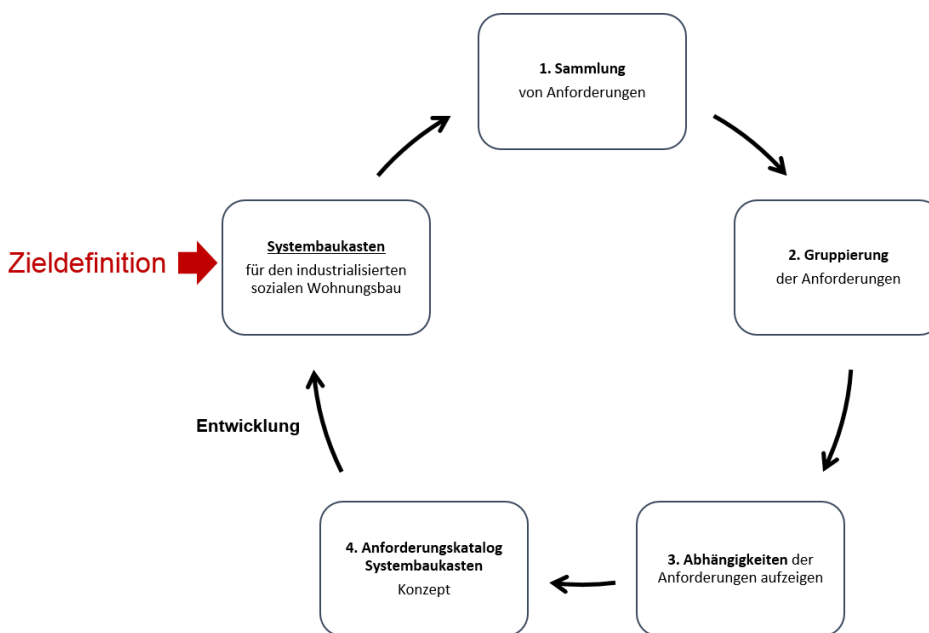


Abbildung 7 Methodisches Vorgehen im Anforderungsmanagement

3.3 Gruppierung von Anforderungen

3.3.1 Anforderungen aus Betreiber- und Nutzersicht

Bei der Erarbeitung des Anforderungskataloges wurden auch solche Anforderungen berücksichtigt, die nicht gesetzlich geregelt sind, jedoch das Nutzerverhalten abbilden und aus den Erfahrungen der Wohnungswirtschaft gespeist sind. Durch die Berücksichtigung dieser Anforderungen bzw. Erfahrungswerte wird dem Anspruch einer nachhaltigen, langfristigen und „zeitlosen“ Nutzbarkeit und Vermietbarkeit Rechnung getragen. Insbesondere Themen, die wesentliche Verbesserungen bzw. Kostensenkungen in der Nutzung über den gesamten Lebenszyklus eines Wohngebäudes und Optimierungen für den Betrieb versprechen (Anforderungen bzgl. Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten etc.) werden hierbei berücksichtigt.

Durch die Einbindung der Nutzerinteressen, die vorrangig aktuellen Studien, Untersuchungen und Befragungen zu Wohnverhalten und Mieterwünschen entstammen [3.1-3.12] , finden die aktuellen Anforderungen von Seiten der Nutzer u.a. bzgl. veränderter Wohnformen, erforderlicher Flexibilität innerhalb der Wohnungen und der Gebäude, verändertes Wohn- und Arbeitsverhalten, Sondernutzungen usw. entsprechend Berücksichtigung.

Bei der Formulierung dieser Anforderungen wird der Als allgemeine Ansprüche von Mietern sollen beispielsweise einfließen: Ein sicheres Zuhause haben - in guter Nachbarschaft wohnen - in einem überschaubaren Haus wohnen - einen nicht einzusehenden Freiraum besitzen - usw.. Dahingehend wurden für den Anforderungskatalog die Anforderungen aus Nutzersicht bzw. unter Berücksichtigung der sozialen Nachhaltigkeit formuliert, die sich sowohl auf das Wohnhaus bzw. den Wohnkomplex – in dem man zu Hause sein möchte – als auch auf die jeweiligen Wohnungsgrundrisse beziehen.

Innerhalb der jeweiligen Wohnungsgrundrisse wurden die Anforderungen der sozialen Nachhaltigkeit u.a. daran geknüpft, Rückzugsbereiche innerhalb der Wohnungen zu schaffen, um Konfrontationen zu vermeiden. So leiten sich beispielsweise Anforderungen ab, welche die Erschließung einzelner Räume über den Wohnbereich betreffen oder die eine Abtrennbarkeit des WC vom Bad vorsehen.

Im Zusammenhang mit der Formulierung von Anforderungen gemäß den Kriterien sozialer und soziokultureller Nachhaltigkeit flossen außerdem die umfangreichen Erfahrungen des Projektpartners

Dr. Joachim Brech ein ([3.4] und www.joachimbrech.de). In Abbildung 8 sind die Bereiche der Nutzer- und Betreiberanforderungen zusammenfassend dargestellt. [3.1-3.4]

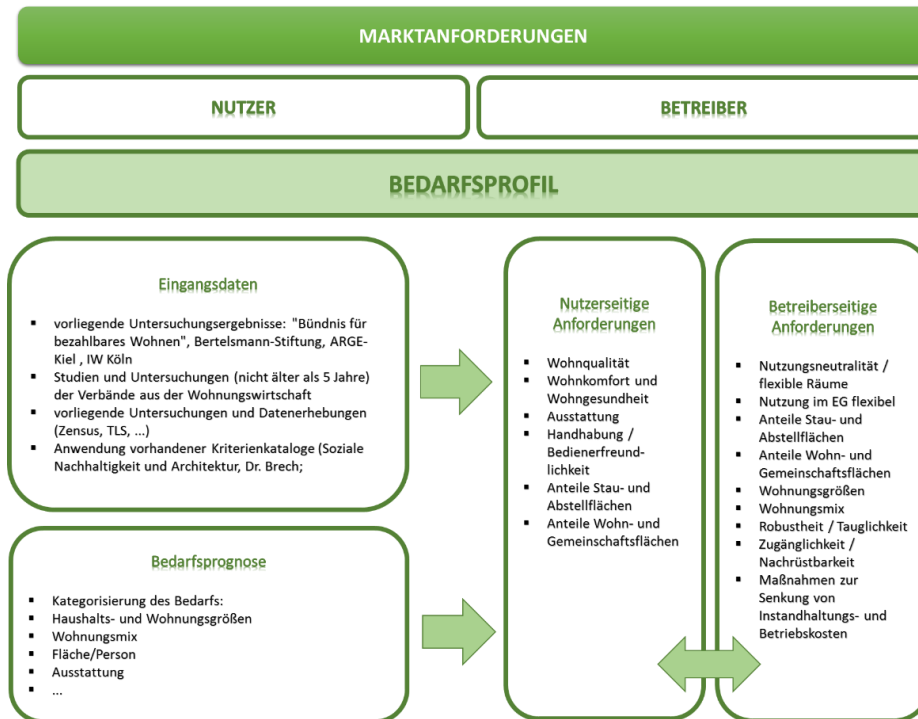


Abbildung 8 Nutzer- und Betreiberanforderungen

3.3.2 Anforderungen aus gesetzlichen Vorgaben, Richtlinien, Normen

Anhand von gesetzlichen Vorgaben, Richtlinien und Normen, welche für den sozialen Wohnungsbau gelten, wurden auch hier Rahmenparameter bzw. Grenzwerte ermittelt, die ebenfalls als Anforderungen in den Anforderungskatalog eingeflossen sind.

Insbesondere wurden die gesetzlich geltenden Mindestanforderungen bzw. Standards des sozialen Wohnungsbaus ausgewertet, die Mindestvorgaben zu Flächen, Ausstattungen o.ä. beinhalten und an welche die Förderfähigkeit im sozialen Wohnungsbau geknüpft sind.

Die Analyse und Auswertung der gesetzlichen und förderspezifischen Richtlinien bzw. Verwaltungsvorschriften für den sozialen Wohnungsbau in den Bundesländern erfolgte einmal zu Beginn in 2015 und nochmals zum Ende des Forschungsprojektes (Stand 12/2017). Dabei wurden Auswertungen bezogen auf die Wohnungsgrundrisse je Bundesland vorgenommen, was zu Anforderungen an Flächenvorgaben, Vorgaben zu Außenräumen, Vorgaben zu Individualräumen (je Kind 1 Zimmer) usw.

fürte, in Abbildung 9 ist beispielhaft die Situation für Baden-Württemberg gezeigt. Die Analyse der restlichen Bundesländer ist im Anhang A zu finden.

Baden-Württemberg (BW)				
Verwaltungsvorschrift des Wirtschaftsministeriums zum Förderprogramm Wohnungsbau BW 2017 (VwV-Wohnungsbau BW 2017); Durchführungshinweise zum Landeswohnraumförderungsgesetz (DH-LWoFG), Stand 2010				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²	
1 Pers.	1-2	23	45	
2 Pers.	2-3	46	60	
3 Pers.	3-4	61	75	
4 Pers.	4-5	76	90	
5 Pers.	5-6	91	105	
- jede weitere Erhöhung Wohnungsgrößen um bis zu 15 m ² erhöht die Zahl der Wohnräume um jeweils einen - WE min. 23 m ² WFL - zulässige Überschreitung der Wohnflächengrenzen um 5 % ist förderfähig - bei barrierefreier und "R" WE: 15 m ² mehr WFL bei gleichbleibender Raumanzahl zulässig - KiZi für 1 Kind min. 10 m ² - KiZi für 2 Kinder min. 15 m ² - WE mit 3 Kindern min. 2 KiZi erforderlich - für familiengerechte Unterbringung: gut zugängliche Kinderwagen-Stellplätze vorsehen				

Abbildung 9 Analyse der Förderrichtlinien für den sozialen Wohnungsbau der Bundesländer in Deutschland

Weiterhin wurden Vorgaben bezogen auf gemeinschaftliche Flächen ermittelt, die Anforderungen an Flurbreiten, Flächen vor den Wohnungen usw. zur Folge haben. Daraus abgeleitet wurde im Anforderungskatalog bzgl. der Anforderungen an die Wohnungsgrößen ein Korridor zu den förderfähigen Mindest- und Maximalgrößen der Wohnungen beschrieben, an dem sich die Wohnungsgrundrisse für den Systembaukasten orientieren sollen (vgl. Abbildung 10), um den Anforderungen möglichst vieler Bundesländer gerecht zu werden.

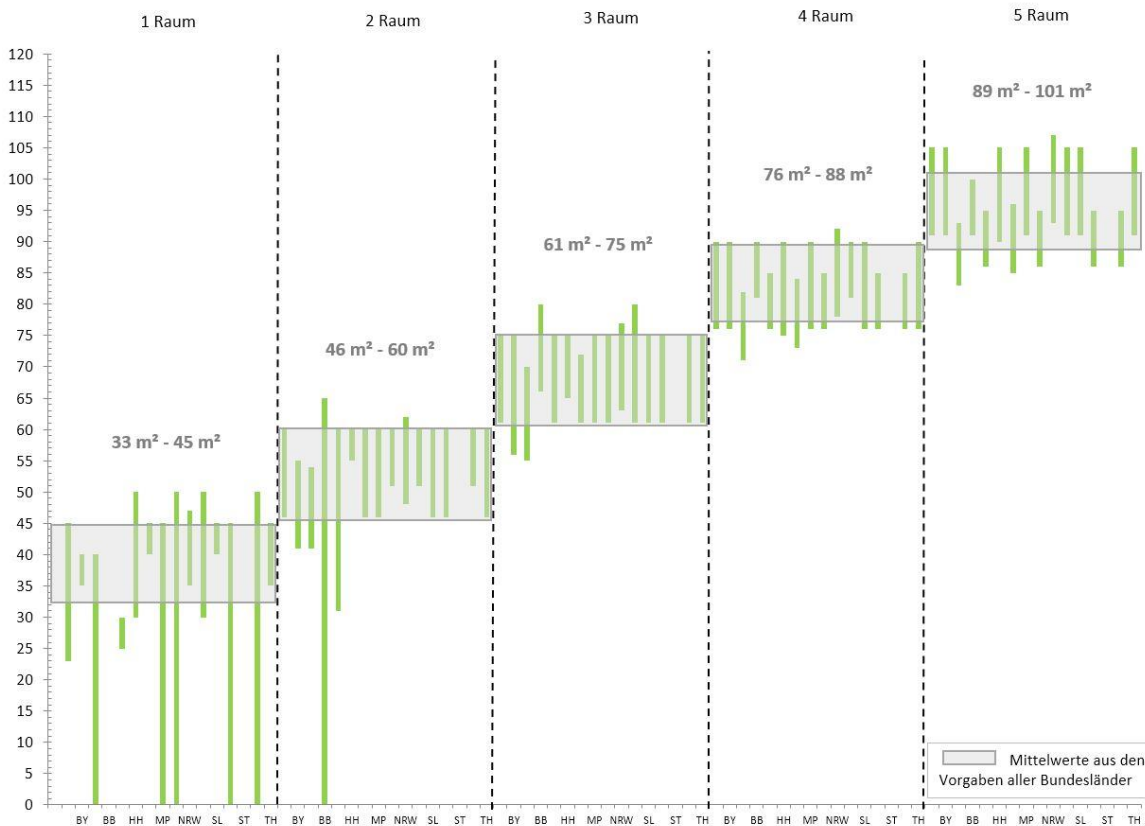


Abbildung 10 Förderfähige Wohnungsgrößen der Bundesländer in Deutschland, Stand Dez. 2017

Für die Darstellungen in der Abbildung 10 wurden die Minimal- und Maximalgrößen untergliedert nach 1- bis 5-Personen-Haushalten. In den Bundesländern, in denen keine Mindestgröße vorgegeben ist, wurde kein fiktiver Anfangswert für den 1-Personen-Haushalt gewählt. Die Mindestgrößen für die 2- bis 5- Personen-Haushalte wurden durch Erhöhung der Maximalgröße der jeweiligen Vorgängerwohnung um 1 m² festgelegt.

Es ist festzustellen, dass deutschlandweit die förderfähigen Wohnungsgrößen erheblich divergieren. Ein Beispiel: Im Gegensatz zu Berlin, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen und Schleswig-Holstein, bei denen keine Vorgaben für die Mindestgröße der 1-Raum Wohnungen gelten, liegt der förderfähige Bereich in Hessen und im Saarland zwischen 40 und 45 m². In Brandenburg gelten für das 1-Zimmer Apartment und in Sachsen-Anhalt unabhängig der Wohnungsgröße gar keine Anforderungen.

Weitere Anforderungen, die der Einhaltung der Förderrichtlinien für den sozialen Wohnungsbau geschuldet sind, beziehen sich bspw. auf Anforderungen bzgl. der Barrierefreiheit. So wird es nach eingehender Prüfung und Auswertung anhand der Rahmenbedingungen der Förderfähigkeit erfor-

derlich, eine generelle Barrierefreiheit in den Wohngebäuden für den sozialen Wohnungsbau vorzusehen, was dem eigentlichen Ziel, der Kostensenkungen durch wirtschaftliche und optimierte Grundrissstrukturen entgegensteht. Nach Abwägung der Zielvorgaben im Gesamtkontext des Forschungsprojektes wurde jedoch deutlich, dass die erforderliche Förderfähigkeit gegenüber möglichen Flächeneinsparungen zu priorisieren ist. [3.5, 3.6, 3.7]

3.3.3 Gestalterische und architektonische Anforderungen

Mit der Formulierung der gestalterischen und architektonischen Anforderungen wurde dem Grundgedanke des Forschungsprojektes Rechnung getragen, einen Systembaukasten zu entwickeln, der architektonische Vielfalt und Variabilität bezüglich der Standortfaktoren sowie hinsichtlich der gebäudeinternen Struktur zulässt. Dementsprechend wurde bspw. in den Anforderungen eine Begrenzung der Gebäudekubatur zugunsten einfacher brandschutztechnischer und konstruktiver Lösungen vorgesehen. Gleichzeitig sind in die gestalterischen und architektonischen Anforderungen die Rahmenparameter der sozialen Nachhaltigkeit eingeflossen: So wurden bspw. die Vorgaben zur Gebäudestruktur und zur Ausdehnung von Wohnungsgrundrissen mit den Möglichkeiten einer optimierten natürlichen Wohnungsbelichtung verknüpft.

Die gestalterischen und architektonischen Anforderungen beschreiben planerische Systemgrenzen, die architektonische Freiheitsgrade ermöglichen und eine flexible Umsetzbarkeit bspw. in unterschiedlichen Wohnungsmix und verschiedenen Gebäudetypologien zulassen, ohne zusätzliche Kosten zu erzeugen. Bezüglich der Gestaltung von Fassaden sowie Auswahlmöglichkeiten von Fensterformaten und Balkonsystemen etc. sind im Anforderungskatalog die Systemgrenzen und Planungsparameter so formuliert, dass eine system-offene Umsetzung zugunsten der erforderlichen Varianzen in Systembaukästen ermöglicht wird.

Bei der Betrachtung des Wohnumfeldes, des städtebaulichen Kontextes, der für jedes Bauvorhaben zu den wesentlichen Einflussfaktoren gehört, ergaben sich zudem Anforderungen, die zwangsläufig über die Betrachtung der Wohnungen, der gemeinschaftlichen Flächen innerhalb eines Wohnungsbaus hinausgehen und im Kontext zu den zugehörigen Außenräumen und Flächen stehen. Diese außenräumlichen Beziehungen, der städtebauliche Kontext usw. sind im jetzigen Stand des Anforderungskataloges in der Form aufgeführt, sofern diese die unmittelbaren Bereiche oder Nutzungen betreffen, für die Beschreibungen erforderlich wurden (bspw. Anforderungen an Wasch- und Trockenräume in den Gemeinschaftsbereichen, mit Bezug zum Wäscheplatz im Freien usw.).

Nicht alle im Anforderungskatalog aufgeführten Anforderungen sind damit zwangsweise durch einen Systembaukasten alleine direkt zu erfüllen. Teile der Anforderungen können z.B. durch Funktionsgeschosse (Tiefgarage, Kellerräume, Waschräume, Heizung, usw.) erfüllt werden, die eine individuelle, Lage bezogene Lösung erfordern auf der die Wohnungsbereiche auf der Grundlage von Systembaukästen aufbauen.

Weiterführende Betrachtungen zum städtebaulichen Kontext, zur sozialen Einbeziehung, zu Kontakten und Aktivitäten außerhalb des Gebäudes (Gärten, Aufenthalt usw.), sind im Rahmen des Forschungsprojektes nicht erfolgt. In Abbildung 11 sind die gestalterischen und architektonischen Anforderungen zusammengestellt.

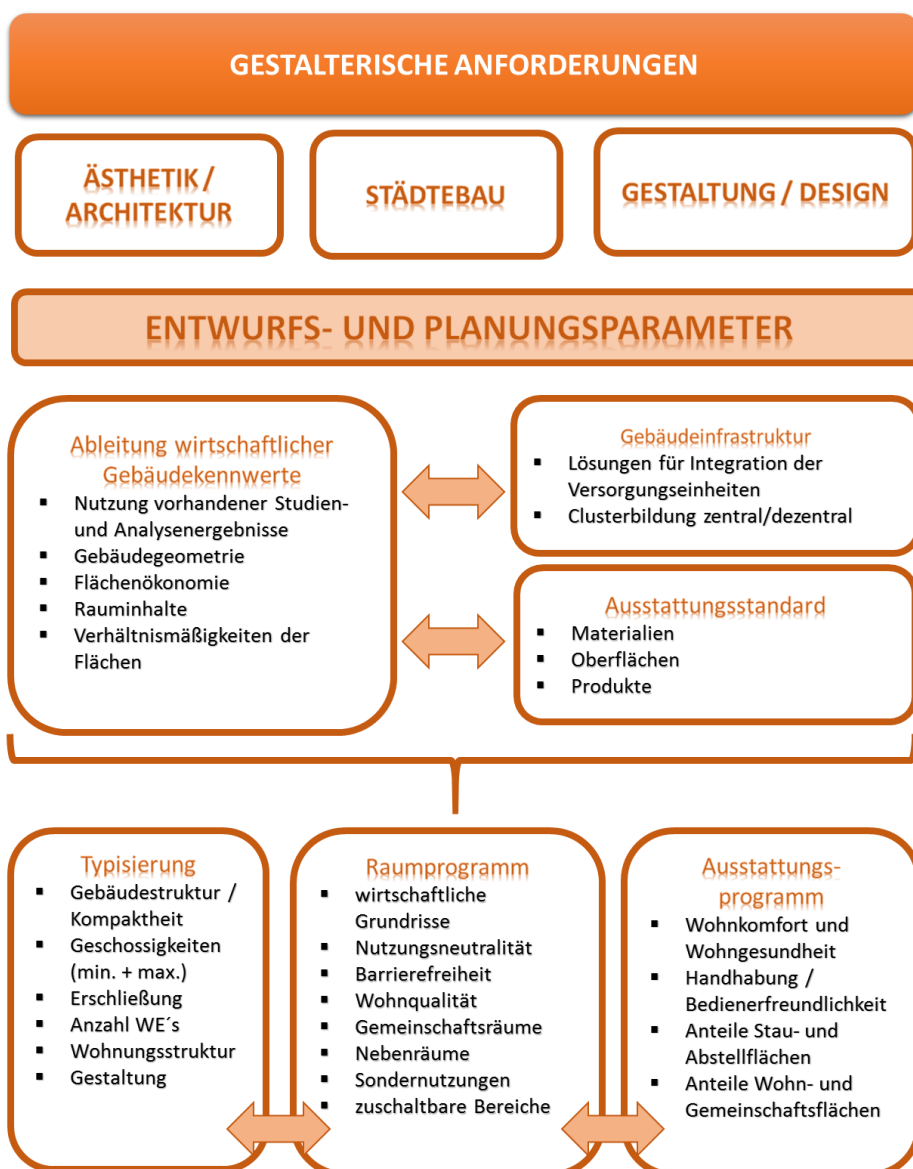


Abbildung 11 Gestalterischen und architektonischen Anforderungen

3.3.4 Technische und konstruktive Anforderungen

Die technischen und konstruktiven Anforderungen, die eine konstruktive Grundstruktur und Technische Gebäudeausrüstung beschreiben, werden vorrangig durch gesetzliche Regelungen bestimmt, in deren Rahmen bestimmte Mindeststandards (Schallschutz, elektrotechnische Ausstattung usw.) bzw. Kennziffern (Statik, EnEV-Nachweis usw.) zu erfüllen sind. Daher wurden die technischen und konstruktiven Anforderungen im Rahmen des Anforderungskataloges unter der Maßgabe der Einsparung von Errichtungs- und Instandhaltungskosten sowie der Senkung von Bewirtschaftungskosten und zugunsten langer Lebensdauern und einfacher Handhabbarkeit formuliert. Für bestimmte technische Einbauten sind deshalb konkrete Anforderungen formuliert, die eine Standardisierung und Modularisierung ermöglichen, was eine Kostensenkung bei großer Stückzahl und eine Aufwandsreduzierung in der Instandsetzung ermöglichen soll – bspw. Bad-Module. Weiterhin wurden Anforderungen formuliert, die die betreiberseitigen Interessen, in der Bewirtschaftung Vorteile sowie Zeit- und Kosteneinsparungen zu generieren, berücksichtigen – bspw. Zugänglichkeit von TGA-Einrichtungen. In Abbildung 12 sind die technischen Anforderungen zusammengestellt.

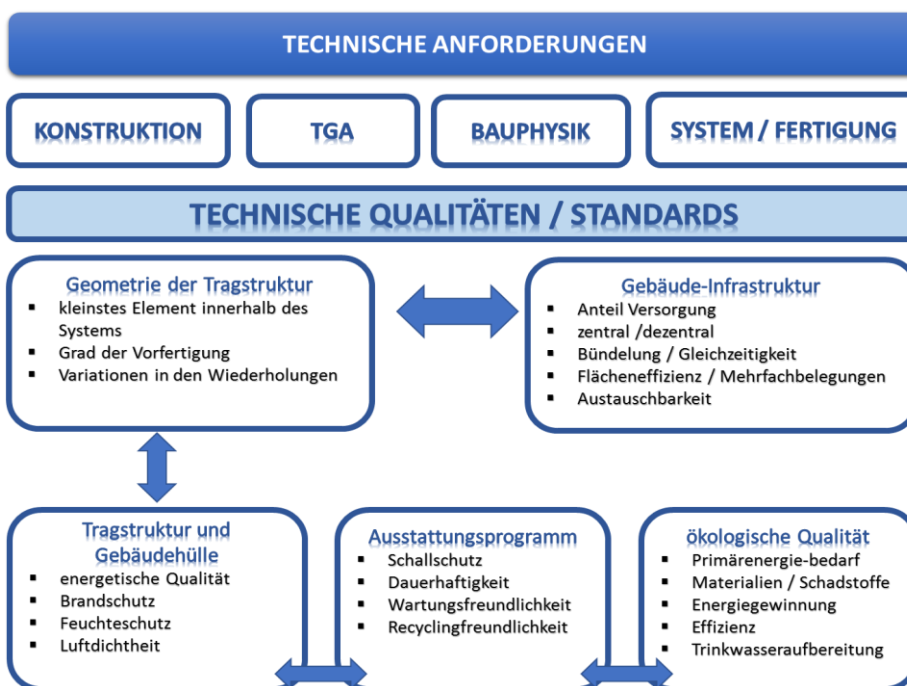


Abbildung 12 Technische Anforderungen

3.4 Anforderungskatalog - Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau

3.4.1 Ausstattungsstandards

Bei Einhaltung aller Anforderungen, wie sie heute aus der Sicht der Wohnungswirtschaft und aufgrund der Regulierungen Standard sind, ist die Möglichkeit der Kostensenkung auch mit industrieller Bauweise begrenzt. Des Weiteren besteht die Notwendigkeit auf möglichst vielen Standortsituationen und Wohnbelange, die sich zumeist aus regional unterschiedlichen Rahmenbedingungen ergeben, reagieren zu können. Folglich liegt es nahe, die Anforderungen hinsichtlich Anforderungslinien oder auch Ausstattungsstandards zu untergliedern. Dem Anwender steht es dabei frei, die Anforderungen entsprechend standortbedingter bzw. nutzerbedingter Vorgaben anzupassen oder gar zu ergänzen. Kombination der verschiedenen Standards untereinander sollen durch die Bausysteme ermöglicht werden.

Im Forschungsprojekt wurden die drei Ausstattungsstandards: „Regelfall“, „Suffizienz“ und „Plus“ wie folgt definiert.

- Unter **Regelfall-Standard** sind erstens die Anforderungen aufgeführt, welche die Wohnungswirtschaft heute in der Regel bei ihren Neubauten anwendet, und zweitens die durch Normen und Richtlinien festgelegten Anforderungen. Darin sind alle Anforderungen wie oben bisher beschrieben aufgeführt. Der Regelfall-Standard soll somit das Grundsystem für einen optimierten Wohnungsbau darstellen, der vorzuhalten ist, um dem Leistungsanspruch eines zeitgemäßen sozialen Wohnungsbaus gerecht werden zu können.
- Unter **Suffizienz-Standard** sind Maßnahmen aufgeführt, die eine Kosteneinsparung ohne Beeinträchtigung der Wohnqualität bieten. Der Suffizienz-Standard soll es ermöglichen, im Rahmen der Konfigurationen auch auf veränderte Ansprüche an das Wohnen bspw. von Seiten der Nutzer reagieren zu können. So können zusätzliche Flexibilität innerhalb der Wohnungsangebote mit stark reduzierten Wohnflächen oder mit Verzicht auf gängige Ausstattungsmerkmale etc. geschaffen werden. In deren Umsetzung sind z.T. Abweichungen von gesetzlichen Vorgaben oder Richtlinien erforderlich, was einer Umsetzung im Regelfall-Standard widersprechen würde. Gleichzeitig werden für jedwede Abweichungen die entsprechenden Nachweise zur Sicherung der Funktionalität und Qualität in den Nutzungen abverlangt (bspw. Unterschreitung von Flächenvorgaben aus Förderrichtlinien oder Unterschreitung von Flächenvorgaben für barrierefreie Nutzung).

- Ergänzend bzw. aufbauend auf den Regelfall-Standard ist der **Plus-Standard** im Anforderungskatalog vorgesehen, um zusätzliche gestalterische Anpassungen und spezielle nutzerspezifische Anforderungen in den Gebäudekonfigurationen zu ermöglichen, die durch die Regelfall-Variante nicht abgedeckt sind. Im Plus-Standard sollen, um u.a. auf regional-spezifische und/oder bauherrenspezifische Anforderungen reagieren zu können (Wählbarkeit von unterschiedlichen Dachformen), zusätzliche Optionen für die Konfigurationen im Systembaukasten wählbar sein.

Dabei geht es nicht darum, die bestehenden Standards, durch andere Standards, z.B. Suffizienz-Standards, zu ersetzen. Es können nur qualitative Beschreibungen geliefert werden. Und man kann Grenzen aufzeigen, jenseits derer unserer kulturellen Errungenschaft oder der Stand der Erkenntnisse, was menschenwürdiges Wohnen ist, zurückgeschraubt werden würden. Eine Tendenz, die nicht in Normen und Richtlinien festgeschriebene Wohnqualität angesichts der hohen Nachfrage und der hohen Kosten sukzessive zu reduzieren, besteht heute ohnedies.

3.4.2 Allgemeine Anforderungen

Wie oben beschrieben enthält der Anforderungskatalog Kategorien mit nutzer- und betreiberseitigen, technischen und konstruktiven sowie gestalterischen und architektonischen Anforderungen.

Bei der Erarbeitung des Anforderungskataloges wurden diese Kategorien miteinander in Bezug gesetzt und als Anforderungen beschrieben.

Für die Entwicklung von Systembaukästen sind grundsätzlich und übergeordnet immer die geltenden gesetzlichen Vorgaben und technischen Bestimmungen im Hochbau zu berücksichtigen und einzuhalten. Soweit im Rahmen der Aufstellung keine besonderen oder konkreteren Anforderungen formuliert sind, gelten die anerkannten Regeln der Technik. Im Folgenden werden die **zentralen allgemeinen Anforderungen an einen Systembaukasten** aufgeführt:

- Die Gebäudekonfigurationen im Systembaukasten sollen eine Anpassbarkeit an die jeweiligen Rahmenbedingungen der städtischen Baugrundstücke ermöglichen (Anpassbarkeit an Himmelsrichtung, Lage, Geländestruktur...)
- Alle Komponenten des Gebäudes inkl. der „Architekturelemente“ und der Elemente im Außenraum müssen für die Regelgeschosse industriell hergestellt werden können
- R-Standard beinhaltet immer „barrierefrei“. Es sind folgende Normen zu beachten: Barrierefreiheit der Wohnung, des internen Erschließungssystems, der Wege des Außenraums (DIN 18040- 1

und 2) und außerdem die Normen zur Belichtung der Räume (direkte natürliche Belichtung gem. DIN 5034-1) und Belüftung (DIN 1946-6)

Einzuhalten sind bei R-Standard die Standards der sozialen Nachhaltigkeit, wie sie bei den Wohnungsunternehmen üblicherweise realisiert werden, z.B.:

- Möblierbarkeit der Wohnungen für heutige Lebens- und Wohnformen (gilt für alle Möbel – auch Betten - und die erforderlichen Bewegungsräume und besonders für Kücheneinrichtung und Einbauschränke. Es sind immer Normgrößen zu berücksichtigen)
- 2 WC's ab 4 Personen pro Wohnung
- Pro Person 1 Zimmer (d.h. eine 3-Zi.-Wohnung für 3 Personen – Eltern und ein Kind)
- keine Durchgangswohnzimmer (allenfalls Elternzimmer)

Im Folgenden werden nun die detaillierten Anforderungen entsprechend den Ausstattungslinien dargestellt. Im Mittelpunkt stehen jeweils die Anforderungen an den R-Standard. Aus Zwecken der Übersichtlichkeit wird dazu folgende Darstellung verwendet, vgl. Abbildung 13.

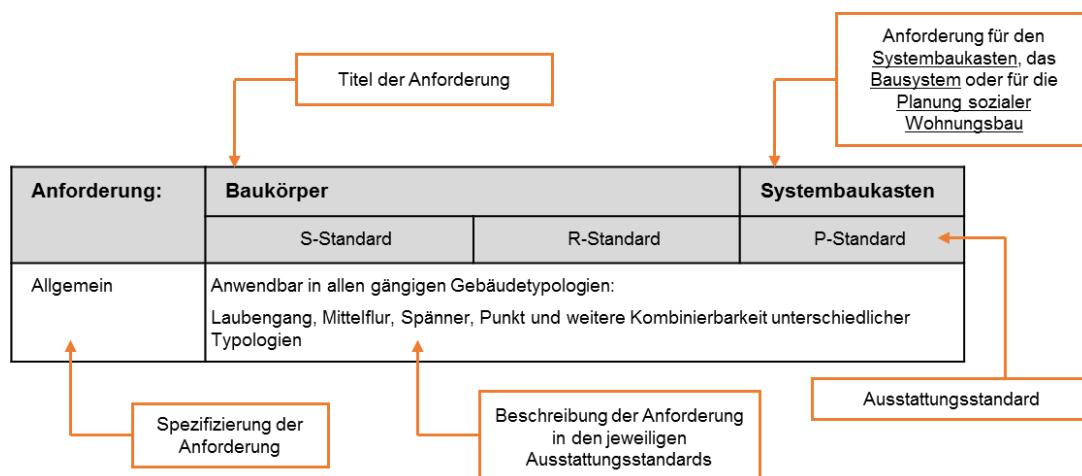


Abbildung 13 Erklärung der Anforderungssystematik

Der Titel der Anforderung beschreibt die Art bzw. den Sachverhalt der Anforderung. Über die linke Spalte und das Aufführen weiterer Zeilena können bei Bedarf ergänzende Spezifizierungen der Kriterien aufgeführt werden.

In den Spalten S-, R- und P-Standard erfolgt die konkrete Anforderungsbeschreibung. Liegen keine Abstufungen innerhalb der verschiedenen Ausstattungslinien vor, werden die Zeilen der Einfachheit halber verbunden.

In der obersten Zeile an letzter Stelle, wird ferner der Hinweis gegeben, um welche Art der Anforderungen es sich handelt. Diese können unterschieden werden in Anforderungen an einen Systembaukasten selbst, das zugehörige Bausystem oder Anforderungen, die eine separate Planung im sozialen Wohnungsbau erfordern.

3.4.3 Planerische Systemgrenzen

Unter planerischen Systemgrenzen werden in erster Linie architektonische und gestalterische Anforderungen verstanden. Sie beeinflussen im Kleinen betrachtet die Grundrissorganisation und mit Blick aufs das große Ganze die Gebäudekubatur.

So sind beispielsweise Gebäudetiefen dahingehend zu optimieren, dass ein Raum einer Wohnung ausreichend über natürliches Licht versorgt werden kann. Bei Zimmertiefen von maximal 6 m kann die Anforderung mit üblichen Fenstergrößen im Regelfall erfüllt werden.

Für eine energetisch optimierte Gebäudehülle sind kompakte Gebäudeabmessungen erforderlich. Ein möglichst geringes Verhältnis von Außenfläche zu Wohnfläche minimiert den Energieverlust über die Gebäudehülle. Folglich sind Vor- und Rücksprünge zu Lasten der Kompaktheit möglichst zu vermeiden. Gestalterische Elemente sollten thermisch getrennt von außen ergänzt werden.

Gleichzeitig ist das Verhältnis der vermietbaren Wohnfläche zur Bruttogrundfläche zu optimieren. Als Idealwert wird ein Wert größer 75% angestrebt. Ungünstigere Ergebnisse erschweren die Erreichung gesteckter Kostenziele, da die Kosten für Erschließungs-, Verkehrs- und Allgemeinflächen auf weniger Mietfläche umzulegen sind.

Die genannten Systemgrenzen haben einen erheblichen Einfluss auf das äußere Erscheinungsbild und dessen architektonische und soziale Nachhaltigkeit, und auf die Errichtungs-Kosten. Die nachfolgend aufgelisteten Anforderungen wurden daher als Grundvoraussetzungen für die Entwicklung von Systembaukästen für den sozialen Wohnungsbau identifiziert.

Anforderung:	Baukörper		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Anwendbar in allen gängigen Gebäudetypologien	Laubengang, Mittelflur, Spänner, Punkt und weitere Kombinierbarkeit unterschiedlicher Typologien		

Anforderung:	Wohnungsmix		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Variabilität/Flexibilität im Wohnungsmix zu Gunsten des sozialen Gefüges	Realisierbarkeit des jeweiligen vom Wohnungsunternehmen gewünschten Wohnungsmix in jedem Gebäudetyp Vertikal und horizontale differenzierte Verteilung der Wohnungen (nicht nur stets gleiche Wohnungen übereinander)		

Anforderung:	Wohnungstypen		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	Realisierbarkeit aller Standardwohnungen von 1 bis 5 Räume sowie mindestens einer Rollstuhlgerechten Wohnung		

Anforderung:	Geschossigkeit		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	Systeme, die bis zur Hochhausgrenze umgesetzt/angewendet werden können: max. 8 Geschosse (Fußbodenoberkante des obersten Geschosses < 22 m, in dem Aufenthaltsräume möglich sind. Abstufungen in den Geschossen sind sinnvoll zu wählen)		
Untergeschoss	Kein Untergeschoss		Untergeschoss wählbar

Anforderung:	Gebäudetypologie - Laubengang		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Nachweis Mindestbreite des Laubenganges: 1,50 m - Möglichkeiten für Verbreiterungen des Laubengangs sollen vorgesehen werden - Nutzung der Flächen zum Aufenthalt oder für Begrünungen sind möglich - Nutzung für Abstellboxen (Fahrräder, Kinderwagen) möglich - Schutz gegen Schnee, Wind und Regen 		

Konfiguration von WE am Laubengang	<ul style="list-style-type: none"> - Fenster von Wohn- und Aufenthaltsräumen am Laubengang sollten soweit sinnvoll als Oberlichter ausgeführt werden. - Bei der Anordnung von Küchen und Kochbereichen zum Laubengang soll durch die Ausstattung sichergestellt werden, dass bei Nutzung der Küche nicht zwingend das Fenster geöffnet werden muss. (Wahrung der Privatsphäre) - Im Idealfall: vom Gebäude abgesetzter Laubengang mit „Brücken“ zu den Wohnungen. In diesem Falle Optionen bei Art und Anordnung der Fenster
------------------------------------	---

Anforderung:	Gebäudetypologie - Mittelflur		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Mindestbreite durchgängig 150 cm - Nur direkt belichtete Flure - Raumhöhe: 250 cm - Begegnungsflächen auf Fluren nach 15 m Länge: 180 x 180 cm - Möglichkeit den Flur konisch auszubilden - Wohnungseingänge bei Mittelflurtyp nach Möglichkeit nicht gegenüberliegend 		

Anforderung:	Gebäudetypologie - Spänner		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Stets außenliegendes direkt belichtetes und belüftetes Treppenhaus - Ausreichend Raum vor Liften - Distanz zwischen Wartezone Lift und Eingang zur nächstliegenden Wohnung 		

Anforderung:	Gebäudetypologie - Punkt		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Direkte Belichtung über Dach oder eine Lücke - Direkte Belüftung 		

Anforderung:	Gebäudeerschließung - intern		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	<p>Die internen Erschließungen sind nicht nur unter funktionalen Aspekten zu sehen. Sie sind auch Kommunikationsräume und von größter Wichtigkeit für soziales Wohnen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Barrierefreie Erschließung der Wohnungen - einfache Orientierungen ermöglichen 		

	<ul style="list-style-type: none"> - Wiedererkennungsmerkmale schaffen - Eine natürliche Belichtung und Ausleuchtung ist vorzusehen - Alle Wohnungen müssen über einen Aufzug erreichbar sein
Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> - Klingel- und Gegensprechanlagen - Anlagen für Briefkästen
Treppen und Treppenträume	<ul style="list-style-type: none"> - Handlauf beidseitig (Ältere)
Aufzugsanlagen	Die Aufzugsanlagen sind mit <ul style="list-style-type: none"> - eigenen Fahrschächten, wenn möglich nicht neben Schlafräumen - Fahrkörben mit Abmessungen von mind. 1,10 x 1,40 m - Bewegungsflächen vor den Aufzügen von mind. 1,50 x 1,50 m (Überlagerungen der Flächen mit Verkehrswegen und anderen Bewegungsflächen ist möglich) auszustatten.

Anforderung:	Dachformen		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	Flachdach, Dachbausysteme für Pult-, Sattel-, Giebeldach aus städtebaulichen Gründen optional wählbar		
Sonderausführung	Kein begrüntes Dach	Begrüntes Dach	Dachfläche für gemeinschaftliche Nutzung oder private „Schrebergärten“

3.4.4 Grundrisse, Wohnungen und Funktionsbereiche

Im sozialen Wohnungsbau werden in Deutschland durch die Bundesländer Subventionen in Form von Förderungen u.a. für Neubauvorhaben zur Verfügung gestellt, die an eine zeitlich festgeschriebene Mietpreisbindung gemäß den regional geltenden Vorgaben zur Kosten der Unterkunft geknüpft ist. Nur durch die Sicherstellung der Förderfähigkeit in möglichst vielen Bundesländern kann die erforderliche größtmögliche Marktakzeptanz und Nachfrage an einen Systembaukasten generiert werden. Für die Formulierung von minimalen und maximalen Wohnungsgrößen wurde eine Auswertung der Richtlinien und Verwaltungsvorschriften für den sozialen Wohnungsbau der Bundesländer hinsichtlich der Vorgaben zu Wohnungsgrößen durchgeführt (vgl. Abbildung 10).

Anforderung:	Wohnungsgrößen		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
1 bis 5 Raum Wohnungen	Unterschreitung der Mindestflächen gegenüber den Förderrichtlinien bei nachgewiesener gleichbleibender sozialer Qualität	1-Raum-WE 33 - 45 m ² - barrierefrei 1 P. 2-Raum-WE 46 - 60 m ² - barrierefrei 2 P. 3-Raum-WE 61 - 75 m ² - barrierefrei 3 P. 4-Raum-WE 76 - 88 m ² - barrierefrei 4 P. 5-Raum-WE 89 - 101 m ² - barrierefrei 5 P.	Überschreitung der Flächenvorgaben: Wohnungsgrößen zur Integration von Sonderwohnformen - Wohngemeinschaften - Gäste-/Pendlerwohnungen - betreutes Wohnen
Rollstuhl-gerechte Wohnungen		1-Raum-WE 36 - 50 m ² - rollstuhlgerecht 2-Raum-WE 41 - 65 m ² - rollstuhlgerecht 3-Raum-WE 61 - 85 m ² - rollstuhlgerecht 4-Raum-WE 76 - 110 m ² - rollstuhlgerecht	

Anforderung:	Grundrissorganisation		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Die Standard-Grundrisse sollen bei den verschiedenen Gebäudetypologien eingefügt werden können - Eine Uniformität durch Reihung bzw. Stapelung immer gleicher Grundrisse ist zu vermeiden. - Es sollten keine Geschosse mit den gleichen bzw. nahezu den gleichen Wohnungsgrößen konfiguriert werden. - Die Eingänge der Wohnungen sollen sich nicht gegenüberliegen. 		
Optimierung der WE-Grundrisse hinsichtlich der Flächennutzungen	<ul style="list-style-type: none"> - Die Größe der Flächen soll verhältnismäßig entsprechend ihrer Funktion und Nutzung sein - Durch die Grundrissorganisation sollen Funktionsüberlagerungen und Mehrfachnutzungen ermöglicht werden 		
Optimierung der WE-Grundrisse hinsichtlich Vermietbarkeit/Wohnqualität	<ul style="list-style-type: none"> - indirekte Belichtungen sollen für Eingangs- und Flurbereiche ermöglicht werden - Es ist eine direkte natürliche Belichtung und Belüftung für Individual- und Wohnbereiche nachzuweisen. Raumtiefe je nach Fenstergröße, maximal 6 m. - Fenstergrößen in Übereinstimmung mit Raumzuschnitt und Größe und Möblierung - bei der Anordnung von Arbeitsplätzen und Arbeitsflächen (bspw. in der Küche) ist auf eine ausreichende natürliche Ausleuchtung zu achten - Funktionierende Möblierung bei entsprechender Zahl der Bewohner und entsprechender Nutzung <p>Innerhalb der WE-Grundrisse sollen Möglichkeiten für offenes Wohnen sowie Angebote für Rückzugsbereiche geschaffen werden.</p>		<p>Ergänzend zu den Anforderungen des R-Standards finden folgende weitere Kriterien Einzug:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nicht nur standardisierte Grundrisse, im Zuge der Planung Flexibilität bei der Grundrissorganisation - Küche von Wohn/Essbereich abtrennbar - Direkt belichtete Küche - Querlüftung der Wohnung ermöglichen

	<ul style="list-style-type: none"> - dazu ist die Erschließung der Individualräume unabhängig von den Gemeinschaftsbereichen erforderlich - Es dürfen keine Durchgangszimmer und keine gefangenen Räume in den WE-Grundrissen geplant werden - Raumhohe Fenster bei Wohn- und Schlafräumen für Ältere <p>Möglichkeit der räumlichen Trennung der Funktionsbereiche innerhalb einer Wohnung</p>	
Optimierung der WE-Grundrisse hinsichtlich einer Umsetzung in industrialisierten vorgefertigten Bauweisen	<ul style="list-style-type: none"> - Die Organisation und Ausstattung der WE-Grundrisse sollte nach Möglichkeit auf eine begrenzte Anzahl unterschiedlicher Fenster- und Fenstertür-Formate ausgerichtet sein - Die unterschiedlichen Fenster- und Fenstertür-Formate sollen in allen Typologien zur Anwendung kommen - Nutzung einer optimierten modularen Bad-Einheit, die in allen WE-Grundrissen zur Anwendung kommt - Innenwände nach Möglichkeit in Leichtbauweise, eventuell veränderbare Wände ohne Installationen (Auswirkungen auf wohnungsinternen Schallschutz sowie auf Heizkreise beachten). 	

Anforderung:	Raumhöhe		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	Minimale Raumhöhe in allen Wohngeschossen 240 cm inkl. Erschließungsräume In Bädern 230 cm	Im EG 270 cm In den Wohnräumen: 250 cm In Bädern / WCs 235 cm Erschließungsräume/gemeinschaftliche Flure 250 cm	... höhere Lichte Raumhöhe im EG für Gemeinschaftsnutzungen oder kommerzielle Nutzungen ... über größere Raumhöhe

Anforderung:	Funktionsbereiche		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Vor der Wohnung/Flur	<ul style="list-style-type: none"> - Ausreichende Fläche, Flurbreite mind. 1,50 m - Für Durchgänge im Bereich der gemeinschaftlichen Flur sind Mindestbreiten von 90 cm vorzusehen. - Keine dunklen und verwinkelten Flure 		
Eingangsbereich/ Erschließung innerhalb der WE:	<ul style="list-style-type: none"> - Die Bewegungsflächen gemäß gesetzlicher Vorgaben zu Barrierefreiheit sind zu berücksichtigen - Eine Garderobe ist vorzusehen 		
Abstellflächen innerhalb der WE:	Die von der Wohnbauförderung verlangten Abstellflächen „funktionsgerecht“ anordnen, z.B. beim Eingangsbereich, im Küchenbereich Abstellraum in der Wohnung im Minium 1,5 m²		

Anforderung:	Funktionsbereiche		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Küche	<ul style="list-style-type: none"> - Küche im Zusammenhang mit Essplatz - Küchennischen für Normmöbel passend - Küchenzeile je nach Wohnungsgröße inkl. - Versorgungsrelevanter Ausstattungselemente und Anschlüsse Mikroapartment oder Gästewohnung. 1,5 m 1-Zi-Wg: 1,8 m 2-Zi-Wg: 2,4 m 3-Zi-Wg: 3,0 m 4-Zi-Wg: 3,6 m		Ergänzend: <ul style="list-style-type: none"> - Außenliegende Küche - Küche optional separat als eigener Raum
Essplatz	<ul style="list-style-type: none"> - Minimalanforderungen an Essplatzflächen (ohne Bewegungsflächen): bis 4. Personen: 2,40x1,30 m >4 Personen: 2,80x1,80 m - Belichtung gemäß DIN Der Essplatz soll so gestaltet sein, dass er in die Küche integriert bzw. die Zuschaltbarkeit zur Küche gewährleistet ist.		

Anforderung:	Funktionsbereiche		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Wohnraum/Wohnbereich	<ul style="list-style-type: none"> - Direkter Zugang zu Balkon / Terrasse (privater Außenraum) - Für den Wohnbereich sollen die Interaktionen mit dem Essplatz ggf. die Zuschaltbarkeit zum Essplatz/Küche ermöglicht werden. - Bei Wohnungen für Familien: Wohnbereich nicht als Durchgangszimmer zur Erschließung von Individualräumen - Der Wohnbereich kann als Durchgangszimmer organisiert werden, wenn Ein Individualraum erschlossen wird (kein Bad oder WC) Der Individualraum kein Kinderzimmer ist - Soll nur in WE bis 3 Pers. Angewendet werden. 		
	<ul style="list-style-type: none"> - Minimalanforderungen an Flächen für Wohnbereich: Wohnraum ohne Essplatz: 18 m² für 1-4 Personen - Für jede weitere Person zusätzliche Fläche 		- Geringere Flächen bei Nachweis der Funktionsfähigkeit
Individualräume (Schlafräume, Kinderzimmer, Arbeitszimmer)	<ul style="list-style-type: none"> - Mindestanforderungen an die Größe von Individualräumen - nicht barrierefrei: Breite min. 3,00 m, Tiefe min. 3,40 m - Mindestanforderungen an die Größe von Individualräumen barrierefrei: Breite min. 3,20 m, Tiefe min. 3,90 m - Für mind. einen Individualraum innerhalb der WE sind die Vorgaben zu den Bewegungsflächen nach DIN 18040-2 zu berücksichtigen. 		

	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Raum pro Kind - In Wohnungen mit 2 Kinderzimmern kann max. 1 Kinderzimmer für 2 Kinder vorgesehen werden, wenn die erforderlichen Flächen im Raum nachgewiesen werden können und die Gesamtfläche der Wohnung einer entsprechenden Haushaltsgröße gerecht wird <p>Individualräume, die eine Grundfläche < 12m² aufweisen, sind mit einem bodentiefen Fenster auszustatten</p>
--	--

Anforderung:	Funktionsbereich - Bad		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Für die Organisation und Ausstattung der Sanitärbereiche soll ein Bad-System zur Anwendung kommen, welches durch einen modularen Aufbau eine größtmögliche Vorfertigung und Vorinstallation sowie die lebenszyklusabhängige schnelle und zerstörungsfreie Austauschbarkeit ermöglicht. - Die Umrüstbarkeit der Sanitärbereiche (bspw. Dusche - Badewanne) und der einfache Austausch einzelner Komponenten soll gewährleistet werden. - In den Bädern und WC sollen wartungsarme Einbauten und Installationen verwendet werden, die einfache und schnelle Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten ermöglichen. - Im Sanierungsfall soll das Bad bzw. das WC in kürzester Zeit (im Idealfall innerhalb eines Tages) bei Aufrechterhaltung des allgemeinen Wohnungsbetriebes ausgetauscht werden können. - Die Abtrennbarkeit des WC vom übrigen Bad sollte ermöglicht/angeboten werden. (einfache Maßnahme für verbesserten Wohnkomfort) <p>Innenliegende Bäder und Toiletten sind gemäß gesetzlichen Vorgaben zu be- und entlüften (vgl. Lüftungskonzept).</p> <p>Je WE ist mind. ein Bad als barrierefrei gemäß den gesetzlichen Vorgaben zu integrieren.</p>		
	<p>Für 1 bis 2 Personen: Waschtisch, Dusche, WC</p> <p>Ab 3 Personen: Waschtisch, Dusche, WC, (Handtuch)-Heizkörper</p> <p>(Waschmaschinenanschluss in Küche oder Gemeinschaftswäscheraum)</p>	<p>Für 1 bis 2 Personen: Waschtisch, Dusche, WC, (Handtuch)-Heizkörper</p> <p>(Waschmaschinenanschluss in Küche oder Gemeinschaftswäscheraum)</p> <p>Ab 3 Personen: Waschtisch, Dusche oder Badewanne, WC, (Handtuch)-Heizkörper, Waschmaschinenanschluss</p> <p>Ab 5 Personen: 2 Waschtische, Dusche und Badewanne, 2 WC, (Handtuch)-Heizkörper, Waschmaschinenanschluss.</p> <p>Aufteilbar In getrennte Bäder / WC, davon min 1 Einheit mit WC, Waschtisch und Dusche/Badewanne nach den Anforderungen an die Barrierefreiheit</p>	<p>Für 1 bis 2 Personen: Integration von Handtuchhalter, Seifenspender, Spiegel, Ablage, Aufbewahrungssystem, WC-Garnitur, Beleuchtung, Vorrichtung für Wäschetrocknung</p> <p>Ab 3 Personen: Integration von Handtuchhalter, Seifenspender, Spiegel, Ablage, Aufbewahrungssystem, WC-Garnitur, Beleuchtung, Vorrichtung für Wäschetrocknung</p> <p>Ab 5 Personen: Integration von Handtuchhalter, Seifenspender, Spiegel, Ablage, Aufbewahrungssystem, WC-Garnitur, Beleuchtung, Vorrichtung Wäschetrocknung</p>

<p>Barrierefrei</p>	<p>Für 1 bis 2 Personen</p> <p>Die Unterschreitung der in "Standard" / „Norm“ geforderten Raumgrößen, Wandlängen, Türbreiten, Bewegungsflächen, Abstände und anderer Maßvorgaben ist bei Nachweis der uneingeschränkten Nutzbarkeit möglich</p> <p>Ab 3 Personen</p> <p>Die Unterschreitung der in "Standard" / „Norm“ geforderten Raumgrößen, Wandlängen, Türbreiten, Bewegungsflächen, Abstände und anderer Maßvorgaben ist bei Nachweis der uneingeschränkten Nutzbarkeit möglich</p>	<p>Für 1 bis 2 Personen</p> <p>Bad mit WC nach DIN 18040-2 "barrierefrei" und/oder "ready"-Standard</p> <p>Ab 3 Personen</p> <p>Mindestens ein Bad mit WC barrierefrei nach DIN 18040-2 und/oder "ready Plus"-Standard</p>	<p>Für 1 bis 2 Personen</p> <p>Bad und WC barrierefrei nach DIN 18040-2 und/oder "ready Plus"-Standard</p> <p>Die Realisierung des höheren Standards (Rollstuhl) ist auch durch einen nachträglichen Umbau möglich (schrittweise Anpassung)</p> <p>Ab 3 Personen</p> <p>Mindestens ein Bad mit WC rollstuhlgerecht, d.h. nach DIN 18040-2 "R-Standard" und/oder "All-ready"-Standard</p> <p>Die Realisierung des höheren Standards ist auch durch einen nachträglichen Umbau möglich (schrittweise Anpassung)</p>
<p>Rollstuhlgereichte Wohnung</p>	<p>Die Unterschreitung der in "Standard" / „Norm“ geforderten Raumgrößen, Wandlängen, Türbreiten, Bewegungsflächen, Abstände und anderer Maßvorgaben ist bei Nachweis der uneingeschränkten Nutzbarkeit möglich</p>	<p>Mindestens ein Bad mit WC rollstuhlgerecht, d.h. nach DIN 18040-2 "R-Standard" und/oder "All-ready"-Standard</p>	<p>Mindestens ein Bad mit WC rollstuhlgerecht, d.h. nach DIN 18040-2 "R-Standard" und/oder "All-ready"-Standard</p>

Anforderung:	Gemeinschaftliche Flächen und Sondernutzung		Planung sozialer Wohnungsbau
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - sind im EG anzuordnen - sollen hell und transparent (Ein- und Ausblicke zulassen) sein 		
Eingangsfoyer	<ul style="list-style-type: none"> - Verbindungen bzw. Vermittlungen zwischen den unterschiedlichen Außenräumen ermöglichen - ausreichend Abschirmung gegen Straßenlärm bieten - Sitzgelegenheiten bieten - die Briefkastenanlagen integrieren - Fläche für Informationen bieten - gemeinschafts- und kommunikationsfördernd gestaltet sein - ein ausreichendes Maß an Sicherheit bieten (keine dunklen verwinkelten Bereiche, Oberflächen schalldämpfend...). 		
Kinderspielraum	<ul style="list-style-type: none"> - bieten eine Verbindung zum Spielplatz im Freien 		
Gemeinschaftsraum	<ul style="list-style-type: none"> - ist mit WC und Teeküche ausgestattet - ermöglicht Kombination mit dem Kinderspielzimmer 		
Wasch-, Trocken- und Bügelraum	<ul style="list-style-type: none"> - sollen unmittelbar neben dem Kinderspielzimmerangeordnet sein und Blickkontakte ermöglichen (bspw. anteilig verglaste Trennwand) - sollen optional einen direkten Zugang zu Wäscheplätzen im Freien bieten. 		
Kinderwagenabstellräume:	<ul style="list-style-type: none"> - sollen in der Nähe zum Aufzug und zum Concierge sein - können in Kombination mit Stellflächen für Fahrräder und Rollatoren angeboten werden - sind abschließbar und einsehbar 		
Abstellflächen Rollatoren:	<ul style="list-style-type: none"> - sind im EG oder in den Geschossen anzuordnen - in der Nähe des Aufzuges - können in Kombination mit Stellflächen für Fahrräder und Kinderwagen angeboten werden - sind abschließbar und einsehbar - sind mit Steckdosen zum Aufladen der Rollatoren ausgestattet 		
Fahrradräume:	<ul style="list-style-type: none"> - sind im EG oder überdacht außerhalb des Gebäudes anzuordnen - wenn im EG, dann separater Zugang von außen (keine Fahrräder durch das Foyer) - ermöglichen Blickkontakt zum Concierge - sind abschließbar und einsehbar - bieten 1 bis 2 Fahrradstellplätze je WE 		

Sondernutzung:	<ul style="list-style-type: none"> - Concierge: mind. 1 Raum für den Hausbetreuer (Büro, Besprechung, Material) direkt am Eingang im EG angeordnet Ausstattung mit WC und Teeküche - Zusätzliche den WE zugeordnete Abstellflächen: Abstellboxen auf dem Dach oder EG. Abschließbar. - Vorplatz: Überdachung und Ausstattung mit Sitzplätzen <p>Müllstellplatz/Müllhäuser: außerhalb des Gebäudes, überdacht und abschließbar, beleuchtet</p>
-----------------------	--

3.4.5 Ausführung und Materialität

Anforderung:	Ausführung und Materialität		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Oberflächen und Materialien	<ul style="list-style-type: none"> - Es sind wohnwertige Oberflächen vorzusehen. Dabei sollen die Materialien robust und strapazierfähig sein und eine leichte Pflege und Reinigung ermöglichen. - In den Spritzwasserbereichen der Küchen und Bäder sind mind. wasserabweisende Oberflächen vorzusehen. - Bei der Wahl der Materialien und Oberflächen <ul style="list-style-type: none"> - sollen Möglichkeiten für eine individuelle Ausgestaltung und Ausstattung innerhalb der WE berücksichtigt werden - Für die Fußböden in den gemeinschaftlichen Bereichen soll eine maschinelle Reinigung ermöglicht werden. - Es sollen Möglichkeiten zur Integration von Systemen zur standardisierten Ausstattung der WE mit Leuchten und technischen Einbauten angeboten werden. 		
Küche	Die Möglichkeit der Ausstattung der WE mit Einbauküchen soll berücksichtigt werden.		
Notrufanlagen	Möglichkeit der Ausstattung bzw. Nachrüstung der WE mit Notrufanlage für betreutes Wohnen berücksichtigen		

3.4.6 Architekturelemente

Ohne eine ausreichende gestalterische Variation fehlt es an der nötigen Identifikation der Nutzer mit dem eigenen Heim und schlussendlich an der Akzeptanz der Wohngebäude und Siedlungen.

Folglich ist die Schaffung nachhaltiger Strukturen, d.h. die Bewahrung der architektonischen Variation von äußerster Wichtigkeit. Mit Hilfe einer Sammlung von Architekturelementen, welche die Vorgaben und Systemgrenzen industriellen Bauens berücksichtigen, soll die Möglichkeit nach Gestaltungsvielfalt geschaffen werden. Eine Auswahl einiger Kriterien ist nachfolgend zusammenstellt.

Anforderung:	Fassade		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	Müssen den gesetzlich vorgeschriebenen Anforderungen an <ul style="list-style-type: none"> - Wärmeschutz - Luftdichtheit - Feuchteschutz - Brandschutz - Schallschutz genügen. Hohes Maß an Standardisierung und Vorfertigung Erhalt der Systemtrennung zum Rohbau, um eine einfache Instandhaltung und Instandsetzung zu ermöglichen. Gesonderte Ausbildung von stark beanspruchten Bereichen wie Hauseingänge, Durchgänge usw. Innerhalb der Systeme sollen material- und farbbezogene Differenzierungen ermöglicht werden. Verschattungen integriert in das Wandsystem oder separat anzubringen z.B. Schiebeläden		
Ausführung	Wärmedämmverbundsystem (WDVS)	vorgehängte Fassade aus unterschiedlichen Materialien	

Anforderung:	Balkone		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	Keine Balkone, dafür raumhohes Fenster im Wohnzimmer	Vorgestellte oder angehängte Balkone oder Mischkonstruktion (angehängt und aufgeständert) Für angehängte Balkone: Anker in regelmäßigem Rhythmus vorsehen für flexibel anzubringende Balkone Balkonbreite 200 cm, bei Wohnungen ab drei Personen 300 cm Kein Balkon an Balkon Geländer mit Sichtschutz und Vorrichtungen für Bepflanzung; Balkontiefe 180 cm Sollen dem Wohnbereich zugeordnet sein Barrierefrei gemäß den gesetzlichen Vorgaben	180 cm
Balkontiefen			
Anmerkungen:	Gemäß den Förderrichtlinien der Bundesländer ist für jede Wohnung ein privater Außenraum vorzusehen (Ausnahmen bei 1- und 2- Raum-Wohnungen sind möglich) Breite des Balkons „mitwachsend“ je nach Größe der Wohnung Anordnung im Kontext des Raums, i.d.R. der Wohnraum, gut auch Küche oder Essplatz „Das Leben beginnt mit dem Anlegen eines Gartens“, wobei die Größe eine untergeordnete Rolle spielt - also: Platz für Blumen, Kräuter, Stauden etc. vorbereiten. Sicherheit: Es darf nicht möglich sein, von einem Balkon zum anderen zu klettern, auch Hinaufklettern verhindern Sonnenschutz an den Süd-Balkonen von vornherein vorsehen		

Anforderung:	Räume auf dem Dach		Planung sozialer Wohnungsbau
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Dachnutzung	Keine Dachnutzung	Sekundäres leichtes Bausystem für Dachaufbauten inkl. Absturzsicherung und Windschutzvorrichtungen	Intensive Dachnutzung

3.4.7 Konstruktive Systemgrenzen

Konstruktion

Unabhängig von den Ausstattungsstandards S, R und P werden an die Konstruktion allgemeine Anforderungen gestellt. Mit dem Ziel der weitgehend industriellen Fertigung verbunden mit möglichst kurzen und witterungsunabhängigen Bauzeiten wird ein hohes Maß an Vorfertigung vorausgesetzt. Nur durch eine präzise werksseitige Vorfertigung, welche zur Realisierung von Kosteneinsparpotentialen die Forderung nach Standardisierungen mit sich zieht, sind schnelle Montagen und die geforderten Qualitätsstandards umsetzbar. Letztere sind u.a. zwingend erforderlich, um auch in der Abwicklung der Bauvorgänge selber Kosteneinsparungen z.B. durch die Minimierung von Nacharbeiten und Mängelbeseitigung zu erreichen.

Für die Langlebigkeit der Konstruktion spielt die Wahl der Materialien und deren konstruktive, fachlich korrekter Einsatz eine entscheidende Rolle. Bei der Verwendung werthaltiger, robuster und strapazierfähiger Materialien, können Sanierungsintervalle erheblich verzögert werden. Eindeutige Kostenvorteile in der Instandhaltung aufgrund von Zeit- und Materialersparnissen werden ferner über die geschickte Systemtrennung von Roh- und Ausbau erreicht. Ist die Zugänglichkeit und Austauschbarkeit der erforderlichen Einbauten um ein vielfaches leichter, minimiert sich dementsprechend der Aufwand bei einem Austausch, was wiederum Kosten spart.

In Hinblick auf das Lebensende eines Gebäudes, sind die Kriterien der einfachen Demontierbarkeit und der Materialtrennung für den Recyclingprozess zu beachten.

Grundsätzlich immer zu berücksichtigen sind die gesetzlichen Systemgrenzen. Auch hier gelten unabhängig von den Ausstattungslinien verpflichtend alle Regelungen, die in den Bauordnungen der Länder und in den Listen der eingeführten technischen Baubestimmungen (M-LTB) der Bundesländer aktuell veröffentlicht sind. Dazu zählen u.a. die Mindestanforderungen an den Brand-, Schall, Wärmeschutz sowie die Anforderungen an die Luftdichtheit und die Tragstruktur selbst. Zusätzlich sind von Ingenieuren und Architekten die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten. Die wesentlichen für den sozialen Wohnungsbau geltenden Punkte werden nachfolgend aufgeführt.

Tragwerk

Das Tragwerk bzw. die lastabtragende Konstruktion der Gebäude ist auf Grundlage der Eurocodes und den in Verbindung stehenden Nationalen Anhängen (DIN EN 1990 - DIN EN 1999) zu bemessen. Abweichungen zwischen den einzelnen Bundesländern sind über die Liste der eingeführten

technischen Baubestimmungen der Länder zu prüfen, sind aber in der Regel im Bereich der Tragwerksbemessung nicht gegeben.

Inwieweit ortsspezifische Anpassungen aufgrund wechselnder Schnee-, Wind- oder Erdbebenlasten im Kontext industriellen Bauens vorgenommen werden müssen, hängt von dem jeweiligen Bausystem und dessen Tragreserven ab. Abstufungen im Materialbedarf können möglicherweise unberücksichtigt bleiben, wenn das Kostenverhältnis von Neuplanung und Produktionsanpassung zum Materialpreis günstig hinsichtlich des Wareneinsatzes ausfällt. Die Konstruktion würde dann schlussendlich standortunabhängig auf die maximal einwirkenden Lasten bemessen werden. Für die Erstausslegung eines Systembaukastens mit einem spezifischen Bausystem wird empfohlen, Lastansätze zu wählen, die ca. 80% des vorgesehenen Einsatzgebietes abdecken, also bspw. eine charakteristische Boden-Schneelast von $s_k = 1,15 \text{ kN/m}^2$.

Brandschutz

In den folgenden Abschnitten werden die wesentlichen Belange des bauordnungsrechtlich geforderten vorbeugenden Brandschutzes der Musterbauordnung [3.13] für mehrgeschossige Wohngebäude (Fußbodenoberkante: FOK > 7,00 m) zusammengefasst.

Die aufgeführten Anforderungen stellen nur eine grobe Übersicht der maßgebenden Vorschriften dar. Das Kapitel stellt folglich keine vollständige Aufzählung aller aus bauordnungsrechtlichen Bestimmungen entstehenden Vorschriften an den vorbeugenden Brandschutz dar.

Anforderung:	Rettungswegkonzept
	<p>Mind. 2 voneinander unabhängige Rettungswege (RW) für jeden Aufenthaltsraum in einer Nutzungseinheit (NE) pro Geschoss, beide RW dürfen jedoch innerhalb eines Geschosses über denselben notwendigen Flur führen</p> <p>Für NE die nicht zu ebener Erde liegen, muss der erste RW über eine notwendige Treppe führen</p> <p>Der zweite RW kann entweder über</p> <ul style="list-style-type: none"> - eine weitere notwendige Treppe oder - über eine mit dem Rettungsgerät der Feuerwehr erreichbare Stelle der NE (Feuerwehr muss über entsprechendes Rettungsgerät verfügen und Flächen gemäß Richtlinien über Flächen für die Feuerwehr) <p>führen.</p> <p>Ausnahme: Ein 2 RW ist nicht erforderlich, wenn die Rettung über einen Sicherheitstreppenraum erfolgt.</p> <p>Jede notwendige Treppe muss in einem eigenen, durchgehenden Treppenraum liegen (notweniger Treppenraum)</p> <p>Rettungsweglänge < 35 m von jeder Stelle in einem Aufenthaltsraum in den notwendigen Treppenraum oder ins Freie</p>

Anforderung:	Brandabschnitte
<p>Bauart der Brandwände</p>	<p>Brandwände müssen für Gebäudeklasse 5 (GK 5) auch unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung feuerbeständig sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, bzw. für GK 4 auch unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung hochfeuerhemmend sein.</p> <p>Brandwände müssen bis zur Bedachung durchgehen und in allen Geschossen übereinander angeordnet sein.</p> <p>Abweichend davon dürfen anstelle innerer Brandwände Wände geschossweise versetzt angeordnet werden, wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> - die Decken, soweit sie in Verbindung mit diesen Wänden stehen, feuerbeständig sind, aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und keine Öffnungen haben, - die Bauteile, die diese Wände und Decken unterstützen, feuerbeständig sind und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, - die Außenwände in der Breite des Versatzes in dem Geschoss oberhalb oder unterhalb des Versatzes feuerbeständig sind und - Öffnungen in den Außenwänden im Bereich des Versatzes so angeordnet oder andere Vorkehrungen so getroffen sind, dass eine Brandausbreitung in andere Brandabschnitte nicht zu befürchten ist. <p>Brandwände sind 0,30 m über die Bedachung zu führen oder in Höhe der Dachhaut mit einer beiderseits 0,50 m auskragenden feuerbeständigen Platte aus nichtbrennbaren Baustoffen abzuschließen; darüber dürfen brennbare Teile des Daches nicht hinweggeführt werden.</p> <p>Müssen Gebäude oder Gebäudeteile, die über Eck zusammenstoßen, durch eine Brandwand getrennt werden, so muss der Abstand dieser Wand von der inneren Ecke mindestens 5 m betragen; das gilt nicht, wenn der Winkel der inneren Ecke mehr als 120 Grad beträgt oder mindestens eine Außenwand auf 5 m Länge als öffnungslose feuerbeständige Wand aus nichtbrennbaren Baustoffen, bei Gebäuden der Gebäudeklassen 1 bis 4 als öffnungslose hochfeuerhemmende Wand ausgebildet ist.</p> <p>Bauteile mit brennbaren Baustoffen dürfen über Brandwände nicht hinweggeführt werden. Bei Außenwandkonstruktionen, die eine seitliche Brandausbreitung begünstigen können wie hinterlüfteten Außenwandbekleidungen oder Doppelfassaden, sind gegen die Brandausbreitung im Bereich der Brandwände besondere Vorkehrungen zu treffen. Außenwandbekleidungen von Gebäudeabschlusswänden müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen nichtbrennbar sein. Bauteile dürfen in Brandwände nur soweit eingreifen, dass deren Feuerwiderstandsfähigkeit nicht beeinträchtigt wird; für Leitungen, Leitungsschlitze und Schornsteine gilt dies entsprechend.</p> <p>Öffnungen in Brandwänden sind unzulässig. Sie sind in inneren Brandwänden nur zulässig, wenn sie auf die für die Nutzung erforderliche Zahl und Größe beschränkt sind; die Öffnungen müssen feuerbeständige, dicht- und selbstschließende Abschlüsse haben.</p> <p>In inneren Brandwänden sind feuerbeständige Verglasungen nur zulässig, wenn sie auf die für die Nutzung erforderliche Zahl und Größe beschränkt sind.</p>
<p>Brandwände als Gebäudeabschluss</p>	<p>Brandwände sind erforderlich als Gebäudeabschlusswand, wenn diese Abschlusswände an oder mit einem Abstand von weniger als 2,50 m gegenüber der Grundstücksgrenze errichtet werden, es sei denn, dass ein Abstand von mindestens 5 m zu bestehenden oder nach den baurechtlichen Vorschriften zulässigen künftigen Gebäuden gesichert ist.</p>
<p>Brandwände im Gebäudeinneren</p>	<p>Brandwände sind als innere Brandwand zur Unterteilung ausgedehnter Gebäude in Abständen von nicht mehr als 40 m notwendig.</p>
<p>Rauchabschnitte</p>	<p>Notwendige Flure sind durch nichtabschließbare, rauchdichte und selbstschließende Abschlüsse in Rauchabschnitte unterteilen. Die Rauchabschnitte sollen nicht länger als 30 m sein.</p>

Anforderung:	Treppenräume
<p>Die Wände notwendiger Treppenräume müssen als raumabschließende Bauteile</p> <ul style="list-style-type: none"> - in Gebäuden der Gebäudeklasse 5 die Bauart von Brandwänden haben, - in Gebäuden der Gebäudeklasse 4 auch unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung hochfeuerhemmend und sein. Dies ist nicht erforderlich für Außenwände von Treppenräumen, die aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und durch andere an diese Außenwände anschließende Gebäudeteile im Brandfall nicht gefährdet werden können. Der obere Abschluss notwendiger Treppenräume muss als raumabschließendes Bauteil die Feuerwiderstandsfähigkeit der Decken des Gebäudes haben; das gilt nicht, wenn der obere Abschluss das Dach ist und die Treppenraumwände bis unter die Dachhaut reichen. <p>Jeder notwendige Treppenraum muss einen unmittelbaren Ausgang ins Freie haben</p> <p>Sofern der notwendige Treppenraum keinen unmittelbaren hat, muss der Raum zwischen dem notwendigen Treppenraum und dem Ausgang ins Freie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mindestens so breit sein wie die dazugehörigen Treppenläufe - Wände haben, die die Anforderungen an die Wände des Treppenraumes erfüllen - Rauchdichte und selbstschließende Abschlüsse zu notwendigen Fluren haben - Ohne Öffnungen zu anderen Räumen, ausgenommen zu notwendigen Fluren, sein <p>In notwendigen Treppenräumen und in Räumen zwischen dem notwendigen Treppenraum und dem Ausgang ins Freie müssen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bekleidungen, Putze, Dämmstoffe, Unterdecken und Einbauten aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen - Wände und Decken aus brennbaren Baustoffen eine Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen in ausreichender Dicke haben, <p>Bodenbeläge, ausgenommen Gleitschutzprofile, aus mindestens schwerentflammbaren Baustoffen bestehen.</p> <p>Öffnungen von notwendigen Treppenräumen</p> <ul style="list-style-type: none"> - zu notwendigen Fluren rauchdichte und selbstschließende Abschlüsse - zu sonstigen Räumen und Nutzungseinheiten mindestens dicht- und selbstschließende Abschlüsse haben. 	
<p><u>Notwendige Treppenräume ohne Fenster:</u></p>	
<p>Gebäudeklasse 4: Oberste Stelle Öffnung zur Rauchableitung, mind. 1 m² Bedieneinheit (EG+oberster Treppenabsatz)</p>	<p>Gebäudeklasse 5: Oberste Stelle Öffnung zur Rauchableitung, mind. 1 m² Bedieneinheit (EG+oberster Treppenabsatz) Sicherheitsbeleuchtung</p>
<p><u>Notwendige Treppenräume mit Fenster, außen:</u></p>	
<p>Gebäudeklasse 4: In jedem Obergeschoss Fenster ins Freie, Mindestquerschnitt 0,50 m²</p>	<p>Gebäudeklasse 5: Oberste Stelle Öffnung notwendig zur Rauchableitung, mind. 1 m² Bedieneinheit (EG+oberster Treppenabsatz)</p>

Anforderung:	Laubengängerschließung:
	<p>Tragende Wände, Stütze und Decken von Laubengängen müssen in</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebäudeklasse 5: feuerbeständig und in - Gebäudeklasse 4: hochfeuerhemmend <p>sein.</p> <p>In Laubengängen müssen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bekleidungen, Putze, Unterdecken und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, 2. Wände und Decken aus brennbaren Baustoffen eine Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen in ausreichender Dicke haben.
Laubengänge mit nur einer Fluchtrichtung	Brüstungen von Laubengänge als notwendige Flure mit nur einer Fluchtrichtung müssen feuerhemmend sein. Fenster in Außenwänden von Laubengängen mit nur einer Fluchtrichtung sind ab einer Brüstungshöhe von 0,90 m zulässig.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Brandschutzanforderungen in Deutschland basierend auf den Landesbauordnungen der Bundesländer, Stand Februar 2018.

Tabelle 1 Übersicht der Brandschutzanforderungen der Bundesländer in Deutschland in Abhängigkeit der Gebäudeklasse 4 und 5, Stand Februar 2018

i.V.m. MHFHolzR[22], Stand	MBO	Bayern	Berlin	Hamburg	Mecklenburg-Vorpommern	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen	Bremen	Niedersachsen	Rheinland-Pfalz	Baden-Württemberg	Hessen	Brandenburg	Nordrhein-Westfalen
		LBO	LBO	LBO	LBO	LBO	LBO	LBO	LBO	LBO	LBO	DVO-NBauO	LBO	LBO-AVO	LBO	LBO	LBO
	07/04	07/04	07/04	11/06	08/06	07/04	07/04	07/04	07/04	07/04	07/04	07/04	07/04	08/05	07/04	X	X
	Gebäudeklasse 4																
Tragende Bauteile							R 60 + K<60 ¹⁾							R 60 ²⁾	R 90 + K<60 ¹⁾	R 60 ³⁾	R 90 [wnb]
Trennwände							EI 60 + K<60 ¹⁾							EI 60 ²⁾	R 90 + K<60 ¹⁾	R 60 ³⁾	EI 90 [wnb]
Nichttragende Außenwände																	
Brandwände							REI 60-M + K<60 ¹⁾							R 60 ²⁾	REI 90 – M + K<60 ¹⁾	REI 60-M ³⁾	REI 90 [nb]
Decken							REI 60 + K<60 ¹⁾							REI 60 ²⁾	R 90 + K<60 ¹⁾	R 60 ³⁾	REI 90 [wnb]
Tragende Teile notw. Treppen																	
Wände notw. Treppenträume							EI 60-M + K<60 ¹⁾							EI 60-M ²⁾	REI 90 – M + K<60 ¹⁾	EI 60-M ³⁾	REI 90 [nb]
Wände notw. Flure							EI 30						EI 30 ⁵⁾		EI 30		EI 30 ⁶⁾
Aufzugschachtwände							EI 60 + K<60 ¹⁾						EI 60-M + K<60 ¹⁾	EI 60 ²⁾	EI 60 + K<60 ¹⁾	R 60 ³⁾	EI 90 [wnb]

	MBO	BY	BE	HH	MW	SL	SN	ST	SH	TH	HB	IN	RP	BW	HE	BB	MN
Gebäudeklasse 5																	
Tragende Bauteile							R 90 [wnb]							R 90 ²⁾	R 90 [wnb]	R 90 [wnb]	R 90 [wnb]
Trennwände							EI 90 [wnb]							EI 90 ²⁾	R 90 [wnb]	R 90 [wnb]	EI 90 [wnb]
Nichttragende Außenwände							E 30 (i→o) EI 30-ef (i→o)										
Brandwände							REI 90-M [nb]										REI 90 [nb]
Decken							REI 90 [wnb]							REI 90 ²⁾	REI 90 [wnb]		REI 90 [wnb]
Tragende Teile notw. Treppen							R 30 [nb]										R 90 [nb]
Wände notw. Treppenträume							EI 90-M [nb]										REI 90 [nb]
Wände notw. Flure							EI 30						EI 30 ⁵⁾	EI 30	EI 30 ³⁾	EI 30	EI 30 ⁶⁾
Aufzug-schachtwände							EI 90 [nb]										EI 90 [wnb]
<p>¹⁾ Brandschutztechnisch wirksame Bekleidung nach MHFHolzR: Die Brandschutzbekleidung muss eine Entzündung der tragenden einschließlich der aussteifenden Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen während eines Zeitraumes von mind. 60 min verhindern und als K60 nach DIN EN 13501-2 klassifiziert sein</p> <p>²⁾ Tragende oder aussteifende Bauteile sowie raumabschließende Bauteile sind aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn die erforderliche Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über die Grenzen von Brand- oder Rauchschutzbereichen, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können</p> <p>³⁾ Aisseitig mit brandschutztechnisch wirksamer Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen</p> <p>⁴⁾ Mit einer in der raumabschließenden Ebene des Bauteils durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen</p> <p>⁵⁾ Mit einer gegen Brandeinwirkung widerstandsfähigen Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen</p> <p>⁶⁾ Mit einer beidseitig angeordneten ausreichend widerstandsfähigen Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen</p> <p>X MHFHolzR in diesem Bundesland nicht eingeführt, Ausnahme: In Hessen ist die MHFHolzR zwar eingeführt, lt. Landesbauordnung Hessen wird jedoch der Begriff hochfeuerhemmend nicht definiert, weshalb die MHFHolzR nicht anwendbar ist</p> <p>In Holzbauweise möglich</p> <p>Nicht in Holzbauweise möglich</p>																	

Schallschutzanforderungen

Der Schallschutz im mehrgeschossigen Wohnungsbau unterliegt einem rasanten Bewertungswandel. Von zeitgemäßen Neubauten wird deshalb ein Komfortschallschutz erwartet, der deutlich über den gesetzlichen Mindestanforderungen an den Schallschutz im Hochbau liegt, wie er in der DIN 4109 geregelt ist. Diese Erwartungshaltung bei Wohnungsmietern wird durch Urteile deutscher Gerichte gestützt. Danach kann die inzwischen über 20 Jahre alte DIN 4109 von 1989 nicht mehr als allgemein anerkannte Regel der Technik angesehen werden. Die Neuausgabe der Norm aus dem Jahr 2018 beschreibt den Stand der Technik, beschreibt jedoch nur die öffentlich-rechtlichen Mindestanforderungen im Sinne des Gesundheitsschutzes.

Tabelle 2 Vergleich der Schallschutzanforderungen der Normenreihe DIN 4109

		DIN 4109-1989		Beiblatt 2 DIN 4109-1989		DIN 4109-1: 2018-01	
Bauteil		erf R'_{w} [dB]	erf $L'_{n,w}$ [dB]	erf R'_{w} [dB]	erf $L'_{n,w}$ [dB]	erf R'_{w} [dB]	erf $L'_{n,w}$ [dB]
Decken	Wohnungstrenndecken (auch –treppen) und Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten	≥ 54	≤ 53	≥ 55	≤ 46	≥ 54	≤ 50
	Decken unter Hausfluren	-	≤ 53	-	≤ 46	-	≤ 50
	Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenträumen unter Aufenthaltsräumen	≥ 52	≤ 53	≥ 55	≤ 46	≥ 52	≤ 50
	Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen	-	≤ 53	-	≤ 46	-	≤ 50
	Decken unter allg. nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen	≥ 53	≤ 53	≥ 55	≤ 46	≥ 53	≤ 52
	Decken unter Laubengängen	-	≤ 53	-	≤ 46	-	≤ 53
	Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen	≥ 55	≤ 53	-	≤ 46	≥ 55	≤ 50
	Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung	≥ 54	≤ 53	≥ 55	≤ 46	≥ 54	≤ 53
Treppen	Treppenläufe und –podeste	-	≤ 58		≤ 46		≤ 53

Wände	Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	≥ 53	-	≥ 55	-	≥ 53	-
	Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	≥ 52	-	≥ 55	-	≥ 53	-
	Wände neben Durchfahrten, Einfahren von Sammelgaragen u.ä.	≥ 55	-	-	-	≥ 55	-
	Schachtwände von Aufzugsanlagen an Aufenthaltsräumen	-	-	-	-	≥ 57	-
Türen	Türen, die von Hausfluren oder Treppenträumen in Flure und Dielen von Wohnungen und Wohnheimen oder von Arbeitsräumen führen	≥ 27	-	≥ 37	-	≥ 27	-
	Türen, die von Hausfluren oder Treppenträumen unmittelbar in Aufenthaltsräume – außer Flure und Dielen – von Wohnungen führen	≥ 37	-	≥ 37	-	≥ 37	-

Bei der Auslegung von Bausystemen im Rahmen eines Systembaukastens wird empfohlen mindestens den Regelungen der DIN 4109-1:2018-01 zu folgen, sofern aus Kostengründen problemlos sollte den Regeln des Beiblatt 2 gefolgt werden, was insbesondere für einen eventuellen Mix von gefördertem und nicht gefördertem Wohnungsbau sinnvoll ist.

3.4.8 Technische und energetische Anforderungen

Bei der Formulierung der technischen und energetischen Anforderungen wurde unter Zugrundelegung einer systemoffenen Betrachtung der Anspruch verfolgt, die Haustechnik so in den Systembaukasten zu integrieren, dass einfache Installationen sowie Änderungen und Erneuerungen auf Basis von vorgefertigten und modularisierten Systemen erfolgen können. So soll es ermöglicht werden, bei der Planung bzw. Konfiguration eines Gebäudes anhand des Systembaukastens aus einem gewissen Portfolio an Komponenten für die Versorgung und technische Ausstattung zu wählen. Die dazu gehörigen Anforderungen werden nachfolgend aufgeführt.

Anforderung:	Energetische Versorgung zur Bereitstellung von Wärme und Trinkwarmwasser		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Zielwert Primär-Energie-Bedarf	Niedrigstenergiestandard	mind. konform den Anforderungen der EnEV in der gültigen Fassung	
	Der Nachweis ist über den bedarfsgeführten Energieausweis für das Gebäude zu erbringen.		

Anforderung:	Anforderungen an die Energieversorgung		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Rahmendbedingungen für Gebäudetechnische Auslegung: Varianten der Umsetzung	Variante 1: - wassergeführtes Heizsystem - Heizkörper - zentrale Abluft - dezentrale Zuluft Variante 2: - wassergeführtes Heizsystem - Heizkörper - zentrale Abluft - dezentrale Zuluft - Nutzung Solarthermie zur Brauchwassererwärmung - Nutzung Wärmerückgewinnung aus Abluft Variante 3 - stromgeführtes Heizsystem		

	<ul style="list-style-type: none"> - zentrale Abluft - dezentrale Zuluft
Zentrale Versorgungseinheit – Schnittstelle externe Ver- sorger/Wohnungsgesell- schaft	Planung sozialer Wohnungsbau
	1 TGA Zentrale pro Gebäudeeinheit bzw. je Erschließungsbaugruppe ist im EG anzuordnen <ul style="list-style-type: none"> - soweit möglich vorkonfektionierte Versorgungseinheit - Anpassbarkeit an unterschiedliche Versorgungssituationen (unterschiedliche Energieträger) - optimiert hinsichtlich Bedarf unter Berücksichtigung von Ausbaustufen
	Systemschnittstellen vom externen Versorger zum Eigentümer/Wohnungsunternehmen sind bzgl. Brandschutz, Schallschutz und Gefahrenschutz entsprechend den gesetzlichen Vorgaben zu planen: <ul style="list-style-type: none"> - betrifft Übergabestation bei Fernwärme - Gaszähler - Wasseruhr
	Vorrichtungen für Absperrungen an den Systemschnittstellen vom Eigentümer/Wohnungsunternehmen zum Mieter: <ul style="list-style-type: none"> - Warmwasserzähler - Wärmemengenzähler
Vorkonfektionierte und modularisierte Schachteinheit – Versorgungsschacht für WE	Planung eines optimierten, vorkonfektionierten Schachtes <ul style="list-style-type: none"> - der alle erforderlichen Medien integriert - der die senkrechte Ver- und Entsorgung der WE, ohne vertikale Verzüge, vom EG bis DG sicherstellt (Entlüftung der Falleleitungen) - der als Schachteinheit vorkonfektionierbar und modular umgesetzt werden kann - der eine geschossweise Installation begünstigt - der die Anwendung von Steck-Systemen bzw. plug & play, die reversibel sind, implementiert
	optimierte Schachtgrößen, Zielwerte: <ul style="list-style-type: none"> - 60 x 60 cm - 80 x 30 cm
	In Abhängigkeit von der jeweiligen WE-Größe können bis zu 2 Schächte erforderlich werden.
	Die Optimierung von Lage und Anordnung der Versorgungsmedien innerhalb der Schächte ist nachzuweisen. Weiterhin ist die wohnungsinterne Anbindung der Versorgung

	an den Schacht zu optimieren. Es sollen Minimierungen von Leitungslängen und Vermeidung von Leitungskreuzungen zugunsten von Einsparungen bei den Materialkosten erzielt werden.
	Anordnung der Schächte soll an der Wohnungstrennwand zum gemeinschaftlichen Flur erfolgen.
Anbindung innerhalb der WE	Versorgungswege bzw. Leitungslängen und Leitungsverzüge dürfen 10 m ab Schacht nicht überschreiten
Ausbildung der Schächte	Die Schächte sind gemäß den gesetzlichen Anforderungen zu Brandschutz und Schallschutz auszuführen
	Installationsschächte dürfen nicht an Wohnbereiche oder Individualräume angrenzen
Weiteres	Die erforderlichen Verzüge bis zur letzten Abnahmestelle sollen in zusätzlichen Kanälen (Rohr in Rohr-Systeme) erfolgen. Verwendung reversibler Verbindungen, Nutzung von Plug & Play-Systemen

Anforderung:	Anforderungen an die Energieversorgung		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Normanforderungen	ErP-Richtlinie mindestens Klassifizierung A oder B Rohrmaterialien: a) Stahl / C-Stahl (außerhalb WE) b) Präzisionsstahl c) Kupfer (kleine Systeme) d) Kunststoff (innerhalb WE)		
	Rohrmaterial Kunststoff für Systeme mit niedriger Vorlauftemperatur/Flächenheizungssysteme		Rohrmaterial für Trinkwasser Edelstahl (Anforderungen KoWo – wegen Wasserqualität in EF)
Heizungssysteme	Anordnung der Heizflächen zugunsten möglichst kurzer Leitungsstränge: - möglichst nah an Versorgungs-schacht (Installationswege möglichst kurzhalten) - Anordnung unter Fenster nicht zwingend erforderlich - Berücksichtigung der Raumorganisation (Möblierungszonen und Verkehrszonen in Räumen) - keine Anordnung in Möblierungszonen		

	<ul style="list-style-type: none"> - Nutzung von Heizkörpern oder bauteilintegrierten Heizflächen (Fußboden-, Wand- oder Deckenheizung) - seriell durchströmte Heizflächen; 	
	Die Dimensionierung der Heizflächenauslegung erfolgt anhand von Simulationen - damit werden Optimierungen/Verkleinerungen bei den Heizflächen möglich	Die Dimensionierung der Heizflächen/Heizlast ist gemäß gesetzlicher Vorgaben anhand Raumgrößen nachzuweisen
Verteilersysteme	Leitungen außerhalb WE: C-Stahlrohr, innerhalb WE: Kunststoff	

Anforderung:	Lüftung		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Mindestanforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Der erforderliche baukonstruktive Feuchteschutz gemäß gesetzlicher Regelungen muss eingehalten werden 		
	<ul style="list-style-type: none"> - Der gesundheitlich erforderliche Mindestluftwechsel muss sichergestellt sein - Die gesetzlich geforderte Raumluftqualität bei üblichem Wohnverhalten muss gewährleistet sein - gemäß DIN 1946-6 ist in Neubauten grundsätzlich ein Lüftungskonzept erforderlich 		
	<ul style="list-style-type: none"> - Der Luftvolumenstrom ist nach "Bauaufsichtlicher Richtlinie für die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen" auszulegen 		
	gemäß DIN 18017-3: Lüftung fensterloser Bäder und Toilettenräume a) Dauerbetrieb 40 m³/h (Reduzierung auf 20 m³/h <12h) b) Intervallbetrieb 60 m³/h (Reduzierung auf 15 m³/h) Für WCs = 1/2*Anforderung Bad	nach DIN 15251:2012 (Seite 34) Raumklima Kategorie II: Fortluftstrom Küche 20l/s Fortluftstrom Bäder 15l/s Fortluftstrom Toiletten 10l/s	
Technische Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Maximale Luftgeschwindigkeiten als Behaglichkeitsanforderungen (Dimensionierung Zuluftstrom) 		
	Maximale Luftgeschwindigkeiten als Behaglichkeitsanforderungen nach DIN 15251:2012 Auslegung nach Raumklimakategorie III / IV	Maximale Luftgeschwindigkeiten als Behaglichkeitsanforderungen nach DIN 15251:2012 Auslegung nach Raumklimakategorie II	Maximale Luftgeschwindigkeiten als Behaglichkeitsanforderungen nach DIN 15251:2012 Auslegung nach Raumklimakategorie I

Anforderung:	Sanitär		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Es ist die Richtlinie W551 des DVGW für Kleinanlagen, Kleinanlagen bis 400l, Großanlagen über 400l zu beachten - Es sind Systemtrenner mit Wartungsabsperren vorzusehen 		
Zentrale Warmwasser-Bereitug	<ul style="list-style-type: none"> - Warmwasser-Bereitung gekoppelt an Wärmeerzeugung innerhalb der Technik-Zentrale/WW-Speicher - Versorgung der WE mit Warmwasser und Kaltwasser über Schächte - horizontale Zirkulationsleitungen nicht erforderlich, wenn letzte Abnahmestelle < 10 m entfernt von Übergabestation - Warmwasser- und Kaltwasser-Zähler erforderlich 		
Dezentrale Warmwasser-Bereitug	<ul style="list-style-type: none"> - Führung Kaltwasser integriert in Schächte zu Übergabestation der WE - Für Warmwasser wird Wohnungsstation mit Wärmetauscher integriert 		

Anforderung:	Elektro- und Beleuchtungstechnik		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Elektro- und Beleuchtungstechnik	<ul style="list-style-type: none"> - Mindestausstattung von elektrischen Anlagen in Wohngebäuden gemäß DIN 18015-2 - Es sind oberflächenintegrierte Leitungsführungen oder Leitungsführungen innerhalb von optisch angepassten Einbauten vorzusehen. - Nach Möglichkeit sollen zugängliche Systeme (z.B. in Sockelleisten, Kabelkanälen o.ä.) genutzt werden. - Die Ausstattungen sind so vorzusehen, dass die Nutzer nicht in die Lage versetzt werden, eigenmächtige Eingriffe oder Änderungen durchzuführen - Eigeninitiative beschränken. - Im Rahmen des Funktionsbereiches "Haushalt und Erschließung" sollen nach Möglichkeit vorinstallierte Standardbeleuchtungen ermöglicht werden. (Vermeidung von Beschädigung Wand/Decken bei Mieterwechsel) - Innerhalb des Funktionsbereiches "Wohn- und Individualräume" sollen individuelle Deckenleuchtensysteme so angebracht werden können, dass eine Beeinträchtigung der Bauteiloberflächen vermieden wird - Zentraler Elektroinstallationskasten: Die Stromzähler der WE sind gemäß Anforderungen der Energieversorgungsunternehmen in einer Zentrale (geschossweise oder im EG) untergebracht. 		

Anforderung:	MSR-Technik und Gebäudeautomation		Systembaukasten
	S-Standard	R-Standard	P-Standard
Telefon, Internet und Fernsehen	Versorgung der Wohnungen so vorsehen, dass in möglichst der Mehrzahl der Räume eine entsprechende Nutzung möglich ist		
Einbau und Betrieb von elektronischen Haushaltszählern	Versorgung der Wohnungen so vorsehen, dass in möglichst der Mehrzahl der Räume eine entsprechende Nutzung möglich ist		
	Wirtschaftlich sinnvolles Datenmanagement		„Smart Meeter“ Haushaltszähler
Heizungsregelung in der WE	Einzelraumregelung		Präsenzabhängige Einzelraumregelung

4 Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau

Markus Lechner, Joachim Brech, Thomas Kirmayr, Sebastian Schäller, Stefan Winter

4.1 Allgemeines

Beim herkömmlichen Bauen hat der geübte Architekt die gesamte Komplexität eines Gebäudes gewissermaßen im Kopf: Die Funktionalität, die technischen Parameter, die Kostentendenz, die Gestaltung, den Planungs- und den Herstellungsprozess, nicht mehr den Vertrieb (Vermietung) und die Bewirtschaftung. Und er beginnt – bei neuen Arrondierungen - seine Arbeit auf der Basis eines Bebauungsplans (B-Plans), dem ein städtebaulicher Entwurf zugrunde liegt, der meistens ohne Berücksichtigung der späteren Gebäuderealisation erstellt worden ist. Auf diese Weise sind aber die zunehmenden Anforderungen, besonders beim technischen Ausbau und bei den ökologischen und energetischen Zielen, nicht mehr zu bewältigen.

Die Aufgabe im Forschungsprojekt besteht darin, das System Wohnungsbau – von den ersten Überlegungen der städtebaulichen Konfiguration bis zum Facilitymanagement - in seine Einzelteile zu zerlegen und diese mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln der digitalen Planung und den Möglichkeiten der industriellen Produktion nach Effizienzaspekten neu zusammensetzen.

Das bedeutet, einzelne Elemente (Bauteile oder Räume) zu „Bausteinen“ zusammenzufassen, diese wiederum zu kombinieren von der Wohnung, ja sogar von der Möblierung, bis zum „Stadtbaustein“. Dafür benötigt man ein Regelwerk. Und mit Hilfe des Regelwerks – man könnte auch von einem Katalog sprechen - kann ein Systembaukasten und ein Bausystemkonfigurator entwickelt und betrieben werden.

Wichtig ist, das Regelwerk eines Systembaukastens auf die häufig vorkommenden Elemente zu beschränken, um es nicht ausufern zu lassen. Das ist durchaus möglich, auch das konventionelle Bauen darf das ihm zugrundeliegende Regelwerk nicht ausufern lassen. Sonst wird es nicht möglich sein, die Komplexität zu reduzieren. Das heißt aber auch, dass nicht jede Bauaufgabe mit dem industriell orientierten Regelwerk eines Systembaukastens gelöst werden kann. Insofern ist das industrielle Bauen keine umfassende Konkurrenz zum konventionellen.

4.2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden theoretische Grundlagen erläutert welche für das Grundverständnis der Funktionsweise eines Systembaukastens notwendig sind.

Bausysteme werden in offene und geschlossene Systeme untergliedert, vgl. Abbildung 14.

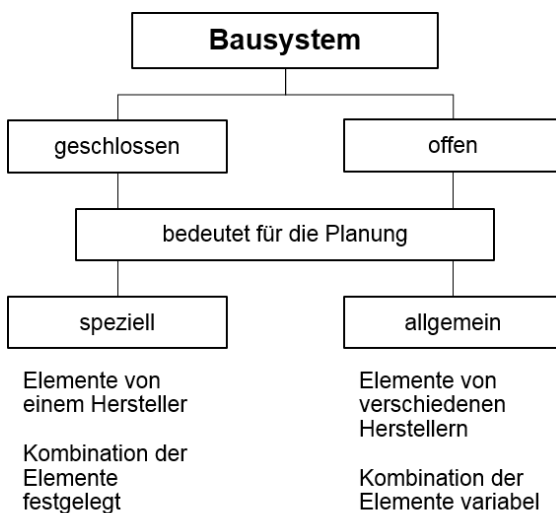


Abbildung 14 Merkmale eines Bausystems [4.1]

In offenen Systemen sind theoretisch alle am Markt erhältlichen Bauprodukte miteinander kombinierbar. Der freie „Markt“ von Bauelementen und Fertigteilen sowie Halbfertigteilen (Fenstern, Türen, Decken, Treppen, etc.) ist ein offenes System. Jeder Marktteilnehmer kann Produkte – als Zulieferprodukte - in sein Bausystem integrieren. Offene Systeme sind wünschenswert, erfordern allerdings viele Schnittstellen und Abstimmungen zwischen der Planung und Ausführung. Die Vielfalt der Produkte und der enorme Abstimmungsaufwand sind Kostentreiber in offenen Bausystemen.

Im Gegensatz dazu sind geschlossene Systeme einfacher zu optimieren, da alle Elemente speziell auf ein Bausystem und eine Anwendung ausgelegt werden. Der Erfolg von geschlossenen Systemen ist in der Automobilindustrie zu sehen. Jeder Hersteller hat für seine Produktlinie eine eigene Produktarchitektur wie beispielsweise die Plattformstrategie, Modulstrategie und die Baukastenstrategie. Die Produktlinien bestehen aus Eigenproduktionen und Zulieferkomponenten. An die Zulieferkomponenten werden definierten Anforderungen in Abstimmung mit der Produktarchitektur gestellt. Dadurch wird ein Teil der Eigenproduktion ausgelagert. Durch die Analyse der Automobilindustrie wird klar, dass es beispielsweise nicht möglich ist, eine Fahrzeugtür aus dem Systembaukasten von Hersteller A in ein Fahrzeug von Hersteller B einzusetzen.

Daraus folgt: Geschlossene Systembaukästen sind herstellerabhängig zu entwickeln!

Eine wesentliche Forderung für den erfolgreichen Einsatz von Baukastensystemen ist die interne Projektorganisation sowie die Prozess- und Systemlandschaft. Beides muss mit der Produktarchitektur weiterentwickelt und angepasst werden – die Organisation folgt der Produktstrategie. [4.2] Baukastensysteme haben nicht nur Vorteile. Wesentliche Einschränkungen sind die beschränkten Individualisierungsmöglichkeiten der Produkte. In Abbildung 15 sind Vor- und Nachteile von Baukastensystemen gezeigt.

	Vorteile	Nachteile
Herstellersicht	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe interne Vielfalt bei vergleichsweise hoher externer Vielfalt ▪ Komplexitätsreduktion ▪ Niedrige Variantenkosten ▪ Verbesserung der Produktqualität ▪ Senkung der Lagerhaltungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ In der Regel erhöhter Entwicklungsaufwand ▪ Erhöhter Aufwand bei Änderungen ▪ Begrenzte Möglichkeit der Erfüllung individueller Kundenwünsche
Anwendersicht	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kürzere Lieferzeiten ▪ Verbesserte Produktqualität ▪ Möglichkeit der nachträglichen Nach- und Umrüstung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöhter Platzbedarf der Produkte ▪ Individuelle Wünsche nur begrenzt erfüllbar

Abbildung 15 Vor- und Nachteile von Baukastensystemen [4.9]

Für weitere detailliertere Erklärungen zu Baukastensystemen wird auf [4.3] [4.4] [4.5] verwiesen. In anderen Industrien wurden durch den Einsatz von Baukastensystemen bereits erfolgreich Kosteneinsparungen in den Produktpaletten erzielt [4.6].

Produktarchitektur

Wird ein Wohnungsbausystem in Form eines Systembaukastens als industriell zu fertigendes Produkt betrachtet so ergeben sich Parallelen zur klassischen Produktentwicklung von Konsumgütern. Das Gebiet der Produktentwicklung und der Gesetzmäßigkeiten, Methoden und Ansätze ist breit erforscht, vgl. [4.3] [4.4] [4.7] [4.8]. Empirische Untersuchungen zeigen, dass in der Entwicklungsphase eines Produktes ca. 70-80 % der Kosten festgelegt werden [4.8]. Deswegen ist die Gestaltung der Produktarchitektur ausschlaggebend für den wirtschaftlichen Erfolg. Diese wird definiert durch die Funktionsstruktur, die Produktstruktur sowie die Transformationsbeziehung zwischen diesen beiden Strukturen [4.7], vgl. Abbildung 16.

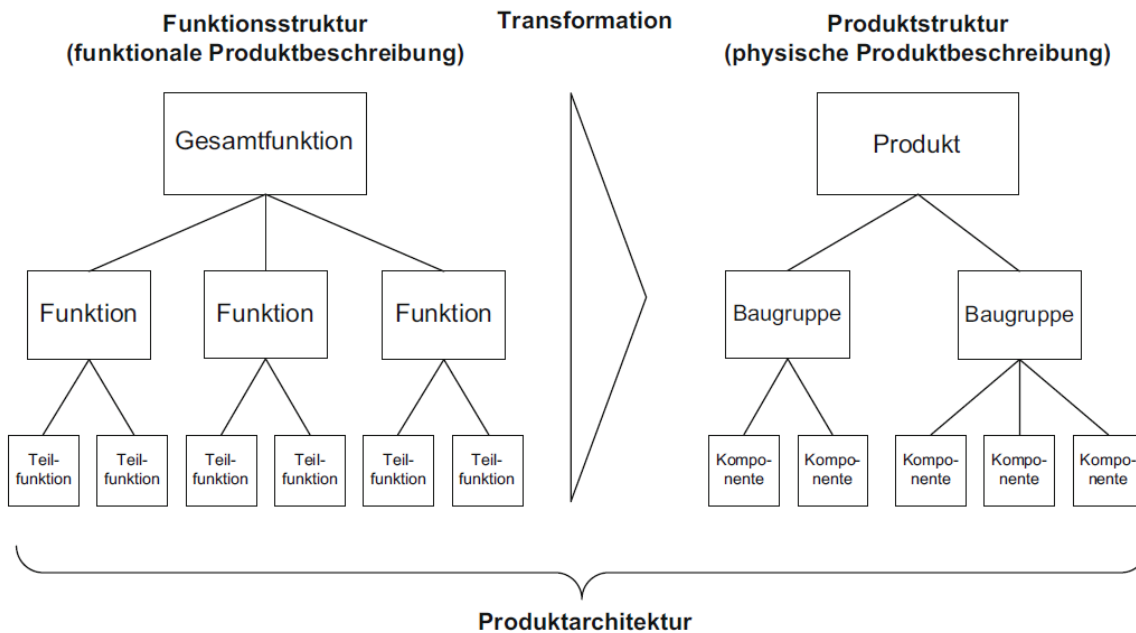


Abbildung 16 Produktentwicklung als Transformation einer Funktionsstruktur in eine Produktstruktur nach [4.7]

Die Funktionsstruktur zeigt detailliert welche Funktionen ein Produkt leisten bzw. erbringen soll. Im Gegensatz dazu gibt die Produktstruktur an, durch welchen technischen-physischen Zusammenbau die Funktionen erfüllt werden. [4.7]

Schnittstellen in Baukastensystemen

Schnittstellen sind Verbindungsstellen über die sich Systeme mit ihrer Umwelt austauschen. Sie können sich jedoch auch innerhalb eines Systems befinden, um den Austausch zwischen Subsystemen oder Elementen herzustellen. Funktional gesehen sind Schnittstellen entweder für das Fügen von Stoffen, also das Herstellen einer mechanischen Verbindung oder für das Leiten von Stoff-, Energie- und/oder Informationsflüssen verantwortlich. [4.9] In Baukastensystemen bilden Schnittstellen die Verbindung zwischen den einzelnen Bausteinen. Bei der Entwicklung von Baukastensystemen erhält die Schnittstellendefinition eine bedeutende Rolle. Schnittstellen sind so auszuführen, dass zwischen den Bausteinen/Baugruppen nur Interaktionen stattfinden welche für die Funktionserfüllung notwendig sind. Deshalb wird der Grad der Schnittstellenentkopplung als Maß für die Unabhängigkeit einzelner Bausteine/Baugruppen und somit als Voraussetzung für die Mehrfachverwendung der Bausteine/Baugruppen gesehen. [4.10] Je universeller die Bausteine/Baugruppen eines Baukastensystems kombiniert werden können, desto größer ist die mögliche Produktpalette und die Wirtschaftlichkeit steigt.

4.3 Produktarchitektur Systembaukasten

4.3.1 Funktionsstruktur des Systembaukastens (funktionale Produktbeschreibung)

Adaptiert auf den mehrgeschossigen Wohnungsbau muss das **Produkt – Ein Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau** – folgende Funktionen leisten können:

- Geometrische Anpassbarkeit an das Grundstück, die Orientierung und die städtebauliche Situation
- Abbildung unterschiedlicher Wohnungskombinationen (Wohnungsmix)
- Ermöglichen von unterschiedlichen städtebaulichen Typologien
- Gestaltungsmöglichkeiten der Fassade
- Anwendung standortabhängiger Energieversorgungssysteme
- Sozialverträglich und gestalterisch nachhaltige Architektur

Die aufgezählten Funktionen eines Systembaukastens für den sozialen Wohnungsbau sind in der in Abbildung 17 gezeigten Funktionsstruktur (funktionale Produktbeschreibung) zusammengefasst.

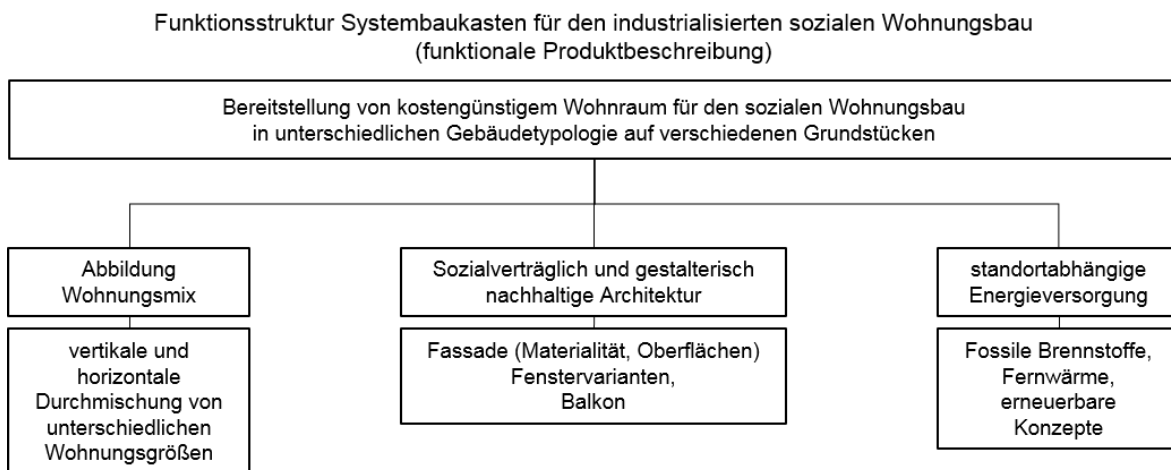


Abbildung 17 Funktionsstruktur - Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau

Die Funktionsstruktur des Systembaukastens wurde aus den maßgeblichen Anforderungen an einen Systembaukasten aus Kapitel 3.4 zusammengestellt.

4.3.2 Produktstruktur des Systembaukastens (physische Produktbeschreibung)

Im Folgenden werden die Bestandteile des Systembaukastens für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau erläutert und aufgezeigt. Alle Bestandteile des Systembaukastens müssen durch ein industriell zu fertigendes Bausystem umgesetzt werden können.

In Abbildung 18 ist die Produktstruktur des Systembaukastens für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau (physische Produktbeschreibung) gezeigt. Dabei sind die notwendigen Bestandteile des Systembaukastens abgebildet.

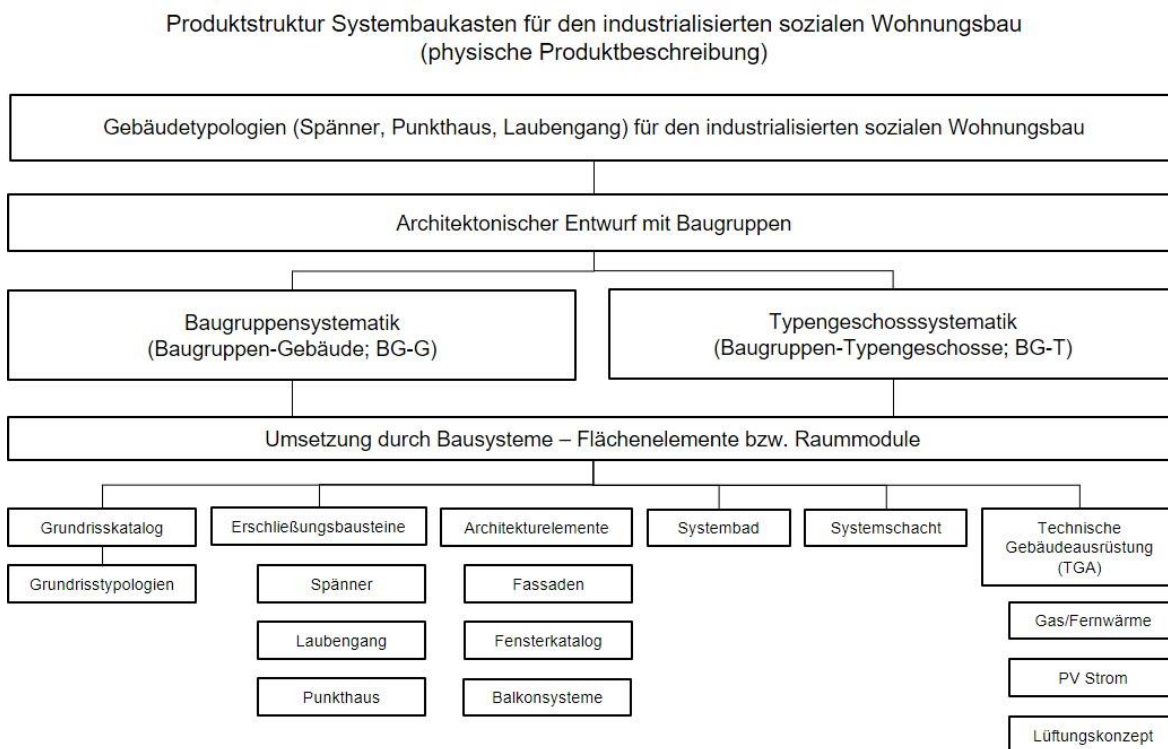


Abbildung 18 Produktstruktur des Systembaukastens für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau

Die physische Produktbeschreibung (Produktstruktur) wird durch ein konkretes Bausystem, welches nach dem Baukastenprinzip aufgebaut ist realisiert. Ist ein Bausystem auf der Basis der Produktstruktur im Prinzip entwickelt, dann lassen sich ohne großen Aufwand auch spezielle Lösungen für bestimmte Situationen entwickeln, z.B. für die städtebauliche Kombination unterschiedlicher Gebäudetypen.

Als Grundregeln gelten:

- Ein „Baustein“ sollte vielfach angewendet werden können, um die Zahl der „Bausteine“ möglichst gering zu halten.
- Eine Baustelle, bei der sich mehrere Gewerke einfinden, ist so weit wie möglich zu vermeiden.
- Das gesamte Kompendium der „Bausteine“ muss industriell hergestellt werden können, also auch z.B. Balkone, oder zumindest mit vorgefertigten Bauteilen (z.B. Liftschächte), da sonst die Vorteile der industriellen Bauweise an der Baustelle nicht im vollen Umfang zur Geltung kommen können.

Grundrisstypologie

Die Grundrisse, die beim sozialen Wohnungsbau heute zur Anwendung kommen, gleichen sich je nach dem Gebäudetyp im Prinzip. Bei vorgegebener Wohnfläche und Anzahl der Räume gibt es in der Tat nur eine begrenzte Zahl von Varianten je nach dem Gebäudetyp. Die Grundrisse unterscheiden sich von Fall zu Fall oft nur um Nuancen.

Es gibt zahlreiche Grundrisstypologien (Grundrissatlas), aber sie beruhen nicht auf einem Regelwerk, bei dem die Anforderungen des Wohnens und die eines Bausystems miteinander verknüpft sind. Bei der Grundrissentwicklung für den industrialisierten Wohnungsbau hingegen ist ein Regelwerk zugrunde zu legen, das beide Bereiche verbindet. Dem Regelwerk ist eine Maßordnung hinterlegt. Diese richtet sich nach den Möglichkeiten und Grenzen des jeweiligen Bausystems (Tragwerk, Ausbau, TGA, Hülle etc.) und nach den funktionalen Erfordernissen des sozialen Wohnungsbaus.

Grundprinzipien:

- Jeder Wohnungstyp sollte in verschiedene Gebäudetypen eingesetzt werden können, wobei allenfalls jeweils nur der Wohnungseingang angepasst werden muss.
- Einen Sonderfall stellen bei manchen Gebäudetypen lediglich die „Endwohnungen“ an den Stirnseiten eines Gebäudes dar, bei denen weitere Fenster vorgesehen werden können.

Variationsbreite:

Für jeden Wohnungstyp (nach m²) sollten Varianten entwickelt werden für:

- Standardwohnungen barrierefrei

- Rollstuhlwohnungen
- Mikrowohnungen nicht barrierefrei
- Mikrowohnungen barrierefrei (Suffizienz)
- „offene“ Wohnungen (Loft)

Angesichts der aktuellen – 2017 / 2018 – bestehenden Nachfrage nach bezahlbarem Wohnraum konzentrieren sich die Aktivitäten der Wohnungsunternehmen auf ein relativ beschränktes Marktsegment von barrierefreien Standardwohnungen mit 2 bis 5 Zimmern und – soweit möglich – auf einen standardisierten Wohnungsmix mit der Priorität für 3 bis 4 Zimmer. Dem liegt die Fortschreibung eines familialen Lebensmodells zugrunde, das aber – folgt man Studien zum Zusammenhang zwischen gesellschaftlichem Wandel und Wohnen – nicht unbedingt als nachhaltiges Wohnbauprogramm betrachtet werden kann.

Eine Grundrissmatrix, die nicht nur dieses enge Segment in den Blick nimmt, und die auf den gesellschaftlichen Wandel ausgerichtet ist, sollte nicht nur das Programm für die Standardwohnungen differenzieren, sondern auch neue Wohnformen berücksichtigen.

Innerhalb des Programms Standardwohnungen wäre anzubieten:

- Wohnungen für Rollstuhl geeignet
- barrierefreie Wohnungen nach den aktuellen Förderrichtlinien
- barrierefreie Wohnungen als Mikrowohnungen (mehr Personen / Zimmer bei gleiche Wohnfläche
- „Möglichkeits-Wohnen“, das sind Gästeappartements, temporäre Wohnungen für Pflegepersonal usw., diese sind nicht barrierefrei.

Unter „zukünftiges Wohnen“

- Angebote von Mikrowohnungen, nicht barrierefrei
- „Loft“-Wohnungen, das sind im Wesentlichen leere Räume, die die Nutzer selbst organisieren können.

Allein die Grundrissmatrix für Standard ist umfangreich,

- da für jede der genannten Kategorien von 2 bis 5 Zimmer Grundrisse zu entwickeln sind;
- da nicht jeder Grundriss in jeden Gebäudetyp passen kann.

Bei der Erstellung der entsprechenden Grundrissmatrix wird ersichtlich, dass bei gegebenen Systembedingungen (Maße der modularen Elemente – Flächenmodul oder Raummodul, Grundprinzip der TGA) mit einem relativ überschaubaren Aufwand auch eine sehr breite Angebotspalette sukzessive generiert werden kann. Die größte Offenheit für die Zukunft des Wohnens liegt in der Idee des „Loff“, wo die Lebensformen nicht in Form fixer Zimmer in Beton oder anderem gespiegelt werden.

Da die gleichen Wohnungen in den üblicherweise vorkommenden Gebäudetypen eingesetzt werden können, hat die Matrix im Standardprogramm nur vergleichsweise wenige Wohnungstypen. Einen Sonderfall stellt die Eckwohnung dar, wenn etwa aus Spänner-Gebäuden die städtebauliche Konfiguration „Blockrandbebauung“ gebildet werden soll (s. dazu weiter unten).

Ein Grundrisskatalog „verdichteter Flachbau“ für suburbane Zonen ist analog zu entwickeln, wenn man sich diesem wichtigen Segment zuwenden möchte.

Die heute im Rahmen von Projekten im sozialen Wohnungsbau oft geforderten Wohnungen für Wohngemeinschaften Älterer oder Behinderter müssen durch Addition von Standardwohnungen oder Addition einzelner Standardräume zu konfigurieren sein.

So ist beispielsweise die Breite einer Raumzelle begrenzt durch die Transportbedingungen. Die systembezogene Maßordnung wird ferner bestimmt durch die Bedingungen der Produktionsanlage.

Wohnflächen

Realisierbarkeit der förderbaren Fläche für möglichst alle Wohnungsgrößen und Wohnungstypen jeweils nach den Richtlinien der Bundesländer sowie von Kommunen.

Wohnfunktionen

Für die funktionale Anordnung der Räume bedarf es keines Regelwerks. Im Anforderungskatalog (Kapitel 3.4) sind dafür Empfehlungen ausgesprochen.

Systembad

Für die unterschiedlichen Wohnungstypen (barrierefrei, rollstuhlgerecht, mikro) sind Systembäder vorzusehen, die in Wohnungen unterschiedlicher Größe eingebaut werden können. Das im Forschungsprojekt entwickelte Systembad für den sozialen Wohnungsbau wird in Kapitel 6 detailliert dargestellt.

Innenausbau (Wände und Türen)

Unabhängig davon, ob der Innenausbau in einem Werk oder vor Ort aus Einzelteilen montiert erfolgt, sind auch die Wände und Türen industriell herzustellen.

- Auswahl und Berücksichtigung des Maßsystems von Herstellern vorgefertigter Elemente als Zulieferprodukte

Einrichtung

- Die Bewohner sollen bei der Einrichtung keine speziellen Möbel kaufen müssen.
- Berücksichtigung des Maßsystems für Küchen und Einbaumöbel (60-cm-Raster)
- Möblierung der Räume mit Normmöbeln und im Zusammenhang mit Türen und Fenstertüren.

Technische Gebäudeausrüstung (TGA)

Die TGA ist in Zonen aufzuteilen, und zwar unabhängig davon, wie sie im Einzelfall eingebaut werden soll (z.B. unterschiedliche Heizungsarten, Warmwasseraufbereitung, Ausstattung mit Multimedia et.). In Kapitel 7 wird ein Konzept für die Einteilung der TGA in Zonen vorgestellt.

Baugruppen / Typengeschosse

Die einzelnen Grundrisstypologien werden in einem Grundrisskatalog zusammengefasst. Anschließend sind die Grundrisstypologien zu „größeren Einheiten“ nach zusammenzufassen. In Kapitel 4.4 werden zwei konkrete Lösungsprinzipien für diese „größeren Einheiten“ dargestellt. Es handelt sich um „Baugruppen-Gebäude“ und „Typengeschosse“.

Durch die Baugruppen/Typengeschosse werden die wichtigsten Gebäudetypen bzw. Erschließungsformen (Punkthaus, Mittelflur, Laubengang, Spänner) konfiguriert.

Erschließung der Baugruppen/Typengeschosse / des Gebäudes

Vertikale Erschließung

Die Elemente der vertikalen Erschließung sollten – analog zu den Grundrissen – ebenfalls so entwickelt werden, dass ein und derselbe Erschließungsbauteil bei mehreren Gebäudetypen verwendet werden kann. Die Erschließung mit Treppe und Lift kann innerhalb des Gebäudekörpers erfolgen

(z.B. bei einem Spännertyp oder einem Punkthaus) oder die Erschließung kann als ein eigenständiger Gebäudeteil ausgeführt werden. Die Maßregeln sind durch die Bauordnungen vorgegeben. Auch bei diesem Erschließungsbauteil sind möglichst viele Gewerke bereits zu integrieren, z.B. Fenster, Beleuchtung, Beläge, Geländer etc. Zumindest sind diese Teile so vorzufertigen, dass sie auf der Baustelle nur mehr zusammenmontiert werden müssen.

Typologisch gibt es folgende Erschließungen:

Tabelle 3 Vertikale Erschließungstypologien

Laubenganghaus	Vom Baukörper separate Erschließung
Punkthaus	Erschließung im Gebäude innenliegend
Spänner	Erschließung innerhalb des Gebäudekörpers, einseitig außen liegend
	Erschließung innerhalb des Gebäudekörpers, beidseitig außen liegend
Mittelflurgebäude	Erschließung innerhalb des Gebäudes im Zusammenhang mit dem Flur
	Erschließung analog zum Spänner

Erschließung horizontal

Die Maßregeln für die horizontale Erschließung sind ebenfalls durch die Bauordnungen vorgegeben. Auch bei dem Erschließungsbauteil zur horizontalen sind möglichst viele Gewerke bereits zu integrieren, z.B. Beleuchtung, Beläge, Geländer etc. Zumindest sind diese Teile so vorzufertigen, dass sie auf der Baustelle nur mehr zusammenmontiert werden müssen.

Typologisch gibt es folgende Erschließungen:

Tabelle 4 Horizontale Erschließungstypologien

Laubenganghaus	Frei vorgestellter Laubengang
	Am Gebäude angedockter Laubengang
Punkthaus	Flure rund um den vertikalen Kern zur Erschließung der Wohnungen
Spänner	Flure rund um den vertikalen Kern zur Erschließung der Wohnungen
Mittelflurgebäude	Flur zwischen den beiden Wohnbaukörpern

Sonderfälle

Die horizontale Erschließung kann bei bestimmten städtebaulichen Konstellationen wie ein Gelenk eingesetzt werden, um zum Beispiel ein nicht-orthogonales Grundstück zu bebauen.

Gebäudetypologie

Mit Hilfe des Grundrisskatalogs, der Baugruppen/Typengeschosse und des Katalogs „vertikale und horizontale Erschließung“ können die üblicherweise vorkommenden Gebäudetypen konfiguriert werden, um damit als weitere Typologie eine Gebäudetypologie zu erstellen. In Tabelle 5 sind die gängigen Gebäudetypologien zusammengestellt. In Kapitel 4.4 wird die Planungsabfolge der Baugruppen- und Typengeschosssystematik gezeigt.

Tabelle 5 Gängige Gebäudetypologien im Wohnungsbau

Laubenganghaus	Frei vorgestellter Laubengang
	Am Gebäude angedockter Laubengang
Punkthaus	
Spänner	Zu einer Zeile zusammengefasste Spännergebäude
	Spänner für eine Blockrandbebauung
Mittelflurgebäude	

Städtebauliche Konfigurationen

Im Idealfall besteht eine systemische Durchlässigkeit vom Grundriss einer Wohnung bis zur städtebaulichen Konfiguration. Denn wenn mit unterschiedlichen Maßregeln gearbeitet wird, entstehen Bruchlinien, deren Überbrückung zu hohen Kosten führen kann.

Die üblicherweise vorkommenden Siedlungsbilder des heutigen Städtebaus im urbanen und suburbanen Bereich sind:

Tabelle 6 Siedlungsbilder im urbanen und suburbanen Bereich des heutigen Städtebaus

Innenentwicklung	offene Bebauung	Punkthaus
		Mittelflur
		Laubengang in zwei Versionen
		freie Kombinationen
	Blockrand	Blockrand mit Spännern
		Blockrand mit Laubengang und Mittelflur
Peripherie - suburban	verdichteter Flachbau	Einzelhäuser addiert
		Geschosswohnungsbau bis 3 Geschosse

Die idealtypischen städtebaulichen Konfigurationen zeigen (siehe Kapitel 5.5)

- dass mit industriellen Systemen alle bei neuen Wohngebieten vorkommenden Bebauungsformen im Prinzip realisiert werden können, sofern sie orthogonal angelegt sind und sofern die Baulinien des B-Plans nicht bis zum letzten cm ausgenutzt werden müssen.
- dass zum Beispiel die Räume zwischen den Gebäuden so angelegt sein müssen, dass – falls gefordert – Tiefgaragen vom Maßsystem her ohne Unterschneidung der Wohnbaukörper eingefügt werden können

„Gestaltung“ - Fenster, Fassaden

Industriellen Bausystemen gegenüber wird oft eingewendet, sie würden zu einförmigen Gebäuden ohne architektonische Qualität führen. Zutreffend ist, dass nicht jede Gebäudeform und Gebäudeausformung mit industriellen Systemen hergestellt werden kann. Doch das Gros der neuen Wohngebäude ist in gewisser Weise „einförmig“ und typisiert. Dieser Architekturstandard ist für industrielle Bausysteme keine Herausforderung. Man könnte im Gegenteil sagen, dass gerade mit industrieller Bauweise, die ja eine entsprechende Planung voraussetzt in dem Maße, in dem sich das System einem Industrie-4.0-Standard nähert, sich vielfältigere Gestaltungsoptionen für die Gebäude eröffnen, wie sie bis dato nur im hochpreisigen Segment möglich ist.

Fensterkatalog

Die Anzahl der beim Wohnungsbau üblicherweise verwendeten Fenster und Fenstertüren – Größe, Art der Öffnung, Aufteilung – ist relativ klein. Der Katalog muss nicht viele Fenstertypen beinhalten. Die Anordnung der Fenster richtet sich nach den Funktionen des Grundrisses und nach den statischen Erfordernissen des Bausystems. Innerhalb des statisch definierten Spielraums können die Fenster beliebig eingesetzt werden. Bei industrieller Produktion entstehen dadurch keine neuen Kosten.

Fassadenkatalog

Aus der Kombination aus Katalog, Grundrissfunktion und Statik können als weitere Katalog-Ebene Fassadenkataloge erstellt werden mit den üblicherweise vorkommenden Fassadengestaltungen wie Lochfassade oder „Strukturfassade“, z.B. horizontale oder vertikale Bänder. Dabei sind die Muster abhängig davon, ob ein Wärmedämmverbundsystem oder eine vorgehängte Fassade vorgesehen wird.

Verschattungen

Industriell herstellbar und als Katalog definierbar sind außen anzubringende Verschattungs-Elemente.

Architekturelemente – Balkone, „Wintergärten“

Balkone

Balkone können entweder als selbständiges Bauwerk vor das Gebäude gestellt oder sie können angehängt werden, wenn das statische System das zulässt. Auf dem Markt gibt es für vorgestellte Balkone ein breites Angebot, das aber überwiegend nicht den sozialen, technischen und ästhetischen Anforderungen entspricht, wie sie heute gestellt werden. Der Balkon ist mitunter mit das wesentlichste Gestaltungselement für ein Gebäude. Gefragt sind auch hier nach Regeln entwickelte Balkonsysteme, die neben ihrer Funktion als der Wohnung zugeordneter Freiraum weitere Funktionen erfüllen sollten:

- Anpassungsfähigkeit je nach Größe der Wohnungsbauten
- Balkone über die Gebäudeecke hinweg
- teilweise verkleidete (Glas) Balkone zum Schallschutz oder Windschutz

„Wintergärten“

Häufig erfordert die Lage eines Gebäudes Schallschutzmaßnahmen, wofür die entsprechenden Fenster nicht ausreichen. Der Schallschutz könnte erreicht werden mittels am Gebäude angehängter „Wintergärten“, also einem Pufferraum. Auch dieses Architekturelement ist systemisch nach Regeln herzustellen, da sonst die Schallschutzmaßnahme allein schon zu höheren Kosten führt.

Gemeinschaftsbereiche

Ein Regelwerk für die zahlreichen Gemeinschaftsbereiche wie Foyer, Technikraum, Kinderwagenabstellraum, Fahrradraum, Kinderspielraum, Gemeinschaftsräume unterschiedlicher Art und Größe (z.B. mit Teeküche und WC) etc., zu erstellen, ist nicht sinnvoll. Die Räume liegen meistens im Erdgeschoss, und es genügt als Regel, hier eine größere Geschosshöhe vorzusehen, die dann auch für Läden oder eine Kinderkrippe etc. ausreichen würde.

Zusammenfassung

Beim industriellen Wohnungsbau gilt es, die Bestandteile des Gebäudes in einem Systembaukasten zu ordnen. Ein Konfigurator für den Systembaukasten ist ein Hilfsmittel, mit dem – auf der Basis des jeweiligen Industriesystems – Gebäude schnell und in Varianten generiert werden und mit dem schnelle Kostenschätzungen erfolgen können. Im Idealfall umfasst der Konfigurator den gesamten Prozess der Wertschöpfungskette, von der städtebaulichen Konfiguration bis zum Start der Produktion des Gebäudes, also der Übergabe der Daten an die Produktion. Die Planungszeit und die Entscheidungswege werden verkürzt. Fehler werden reduziert.

Industrialisiertes Bauen heißt: Planen mit einer definierten Anzahl an vorkonfigurierten Planungseinheiten.

Die Vorteile von vorkonfigurierten Planungseinheiten sind:

- Eine durchgängige 3-D-Planung vom Start an
- Schnelle Visualisierung des Gebäudes
- Schnelle Kalkulation
- Fertiges TGA-Konzept
- Fertige Statik
- Eingabeplan als „Nebenprodukt“

- Transfer der Daten in die des Facility-Managements

Im folgenden Kapitel werden konkrete Lösungsprinzipien für vorkonfigurierte Planungseinheiten eines Systembaukastens entwickelt. Die beiden Systematiken sind Bestandteil der Produktstruktur des Systembaukastens und ermöglichen individualisiertes aber dennoch industrialisiertes Bauen im sozialen Wohnungsbau.

4.4 Konkrete Lösungsprinzipien

4.4.1 Baugruppensystematik

Eine Baugruppe ist eine in sich vollständig gelöste Einheit, die alle Elemente des Roh- und Ausbaus und der Technischen Gebäudeausrüstung beinhaltet. Die kleinste sinnvolle Einheit ist eine Baugruppe-Wohnung (BG-W). Bei den ersten Konfigurationen der Referenzgebäude hat sich allerdings gezeigt, dass durch die erforderliche Korrelation der Schächte bei der ausschließlichen Verwendung von Baugruppen-Wohnung noch zu viele Freiheitsgrade bestehen, die eine Zusammenfassung von Baugruppen-Wohnung zu größeren Baugruppen als Grundlage für die Konfiguratoren der Systembaukästen sinnvoll erscheinen lassen.

Eine Baugruppe-Gebäude (BG-G) ist daher eine Zusammenstellung von gleichen oder unterschiedlichen, typisierten Wohnungen (BG-W) über die Geschosse in Form einer 3D-BIM Planungseinheit, vgl. Abbildung 19.



Abbildung 19 Übersicht der drei Varianten von Baugruppen-Gebäude (BG-G)

Das geometrische Volumen einer Baugruppe-Gebäude beinhaltet dadurch eine definierte vertikale und horizontale Anordnung von typisierten Wohnungen. Die Außenmaße einer Baugruppe-Gebäude sind über die Höhe gleich. Die Konstruktion einer BG-G wird durch eine Kombination von Elementen

eines definierten Bausystems in die physikalische baubare Realität überführt. Eine Baugruppe-Gebäude ist dadurch eine bausystemabhängige Einheit. Eine Baugruppe-Wohnung (BG-W) und daraus folgend eine Baugruppe-Gebäude (BG-G) kann sowohl aus seriell und industriell herstellbaren Raummodulen, Flächenelementen, Fertigteilen oder konstruktiven Bauteilen mit variierendem Vorfertigungsgrad konstruiert werden. Das jeweilige Konstruktionssystem eines Bausystems mit seinen geometrischen Vorgaben und Einschränkungen wird dabei berücksichtigt.

Die jeweiligen Baugruppen sind in sich und an ihren Schnittstellen entsprechend aller technischen Anforderungen und Vorgaben bis ins letzte Detail in einem 3D-BIM CAD System konstruiert, kalkuliert und optimiert. Alle konstruktiven und bauphysikalischen Randbedingungen sind entsprechend den geltenden Technischen Baubestimmungen der Landesbauordnungen berücksichtigt und eingehalten.

Durch die vertikale Addition von gleichen typisierten Wohnungsgrundrissen (BG-W) entstehen sortenreine Baugruppen (BG-G-So), vgl. Abbildung 19 links. Daraus folgt, sortenreine Baugruppen bestehen aus einer geschossweisen Stapelung von gleichen Wohnungen eines Grundrisstyps. Dadurch ist sichergestellt, dass die Versorgungsschächte der Wohnungen über die Geschosse hinweg vertikal verlaufen und aufeinanderpassen. Diese Baugruppe bietet das Potential die Schnittstelle Wohnungstrenndecke zu optimieren. Durch die horizontale Addition zweier sortenreiner Baugruppen, beispielsweise unterschiedlicher Wohnungstypen oder Geometrie, entsteht eine weitere Baugruppe, die sortenreine gemischte Baugruppen (BG-G-Sog), vgl. Abbildung 19 mittig. Diese Baugruppe bietet das weitere Potential die Schnittstelle Wohnungstrennwand zu optimieren. Eine wesentliche Forderung der sozialen Nachhaltigkeit ist die vertikale und horizontale Kombination unterschiedlicher Wohnungstypen. Dafür wird eine weitere Baugruppe definiert, die nicht sortenreine Baugruppen (BG-G-NSo), vgl. Abbildung 19 rechts. In der BG-G-NSo kann die Kombination von Wohnungen unterschiedlichen Typs und Ausstattung (1-5 Zimmerwohnungen) miteinander in einem einmaligen Planungsprozess entwickelt werden. Dadurch entsteht ein definierter horizontaler und vertikaler Wohnungsmix in einer nicht sortenreinen Baugruppe welcher technisch gelöst ist (z.B. Versorgungsschächte).

Zur vollständigen Abbildung der aufgelisteten Funktionen aus Kapitel 4.3.1 sind zu den Baugruppen-Gebäuden weitere Baugruppen erforderlich:

- Baugruppen Erschließung (BG-E)
- Baugruppen Anbauten (BG-A)

Die Baugruppen-Erschließung bilden die gängigen Erschließungstypologien (Punkthauserschließung, Spännererschließung, etc.) in einem Bausystem ab und sind parametrisiert, in einer 3D-BIM CAD Software erstellt und konstruktiv durchgeplant, vgl. Abbildung 20

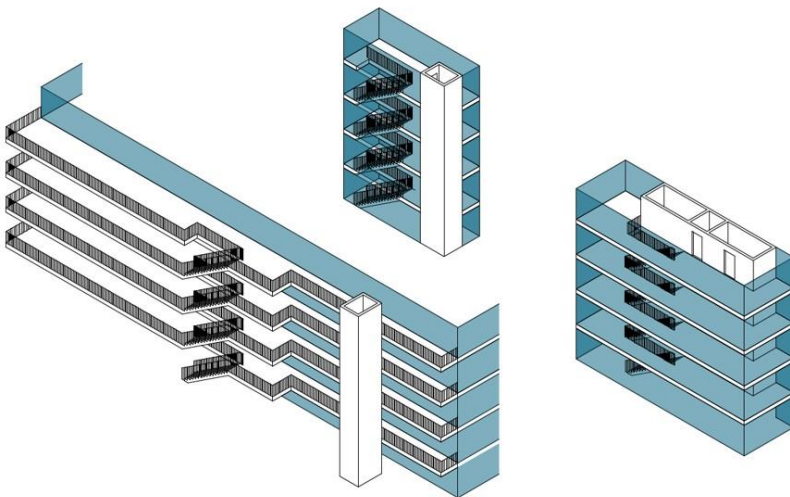


Abbildung 20 Erschließungsbaugruppen

Unter den Baugruppen Anbauten (BG-A) werden alle Anbauelemente die zur Funktionserfüllung und individuellen Gestaltung erforderlich sind zusammengefasst, dazu zählen Fassadenelemente, Balkone, etc. Die BG-A müssen ebenfalls industriell produzierbar sein und sind über definierte Schnittstellen mit den BG-G sowie BG-E verknüpft. Die geometrische Form der BG-G ist nach den konstruktiven Besonderheiten eines Bausystems und dem städtebaulichen Maßstab zu wählen.

Die aufgezeigte Systematik ist als allgemeingültig zu betrachten. Da die konstruktive Umsetzung der Baugruppen durch unterschiedliche Bausysteme möglich ist. Dadurch entsteht Wettbewerb zwischen den Bausystemen entsprechend den Gesetzmäßigkeiten des freien Marktes. In Abbildung 21 sind die Bestandteile der Baugruppensystematik gezeigt.

Produktstruktur - Baugruppensystematik
 (physische Produktbeschreibung)

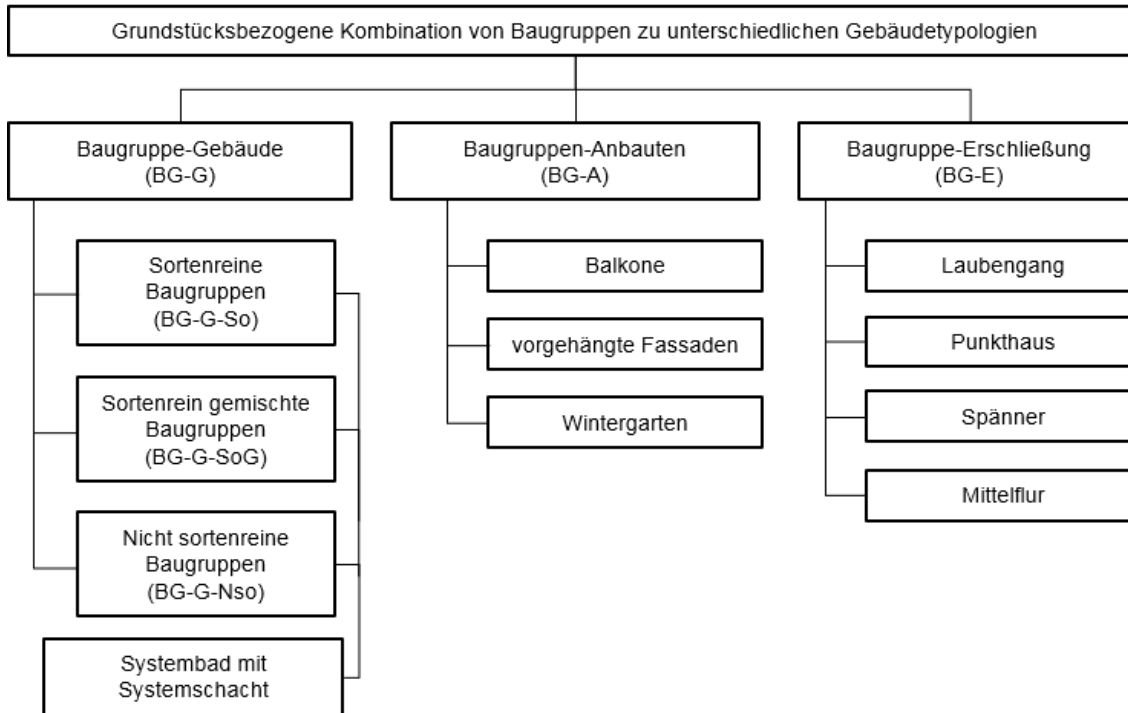


Abbildung 21 Produktstruktur eines Bausystems nach dem Ansatz einer baugruppenorientierten Planung und Ausführung

Kombination von Baugruppen zu Gebäudetypologien

Durch die grundstücksbezogene Kombination von BG-G, BG-E und BG-A werden individuelle Gebäudetypologien konfiguriert. Im Folgenden wird die Planungsabfolge der Baugruppensystematik gezeigt.

Startpunkt sind Grundrisse, die den plausiblen und aus den Anforderungen des Strukturwandels abgeleiteten Kriterien der sozialen Nachhaltigkeit genügen. Daraus entsteht ein Katalog von Grundrissen für einen Systembaukasten des industriellen sozialen Wohnungsbaus, vgl. Abbildung 22.

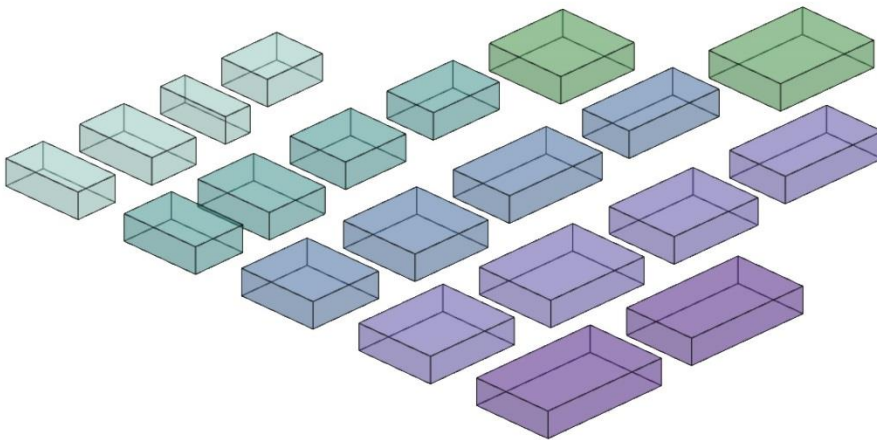
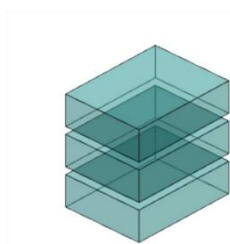
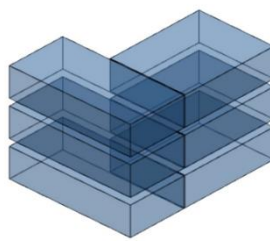


Abbildung 22 Grundrisstypen aus dem Grundrisskatalog - Baugruppen-Wohnung (BG-W)

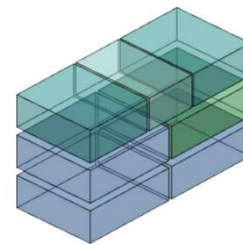
Ausgehend davon werden die Grundrisse zu Baugruppen-Gebäude (BG-G) zusammengefasst:



Sortenreine Baugruppe Gebäude
(BG-G-So)



Sortenreine gemischte Baugruppe Gebäude
(BG-G-Sog)



Nicht-Sortenreine Baugruppe Gebäude
(BG-G-NSo)

Abbildung 23 Übersicht der drei Varianten von Baugruppen-Gebäude (BG-G)

Anschließend werden die Baugruppen-Gebäude (BG-G) und die Baugruppen-Erschließung (BG-E) abhängig vom Grundstück zu Gebäudetypologien konfiguriert. Als Beispiel ist ein Punkthaus in Abbildung 24 dargestellt. Dieses Punkthaus besteht aus zwei BG-G-So und zwei BG-G-NSo. Die Baugruppen wurden zu einer Punkthaus typologie konfiguriert.

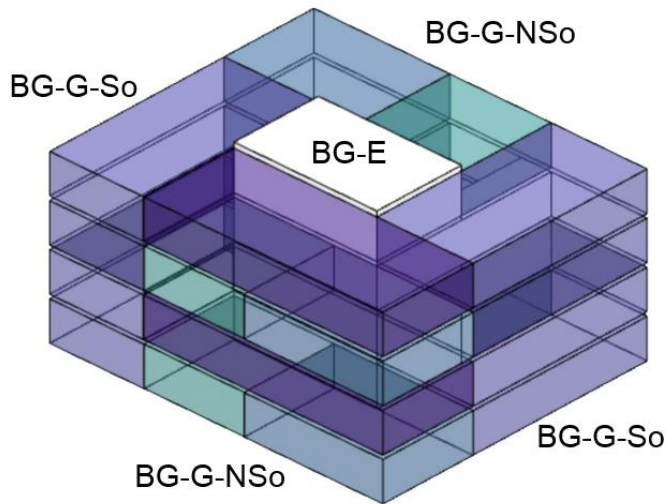


Abbildung 24 Beispielhafte Gebäudetypologie, Punkthaus aus BG-G-So und BG-G-NSo

Gängige Typologien wie Spänner, Punkthaus, Laubengang und Mittelflurtyp sind in unterschiedlichen Zusammensetzungen mit den gleichen Baugruppen-Gebäude möglich, vgl. Abbildung 25.

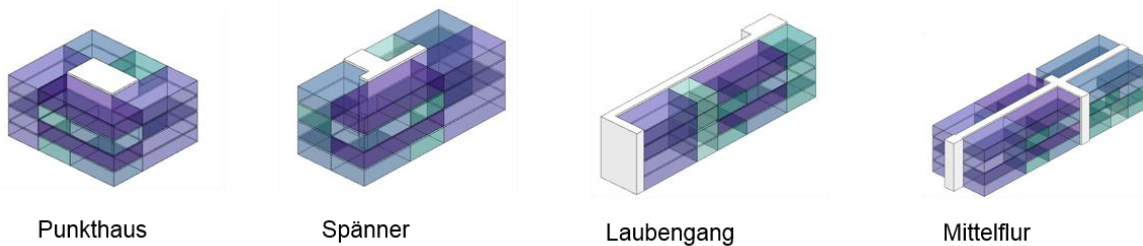


Abbildung 25 Gebäudetypologien im sozialen Wohnungsbau

Im Anschluss an das konfigurierte Gebäude werden die Architekturelemente positioniert. Beispielhafte Fassadenelemente sind in Abbildung 26 gezeigt.

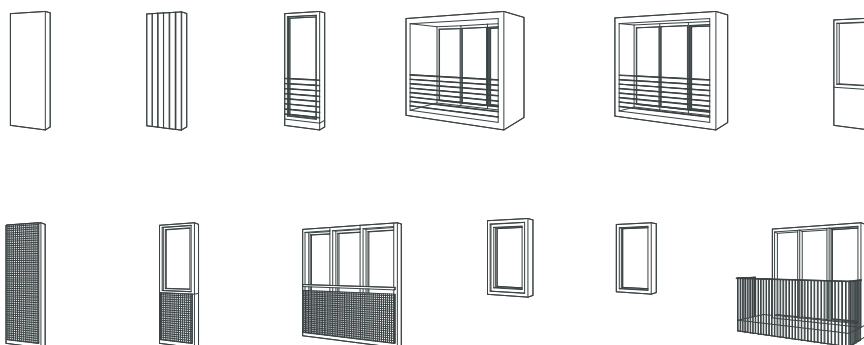


Abbildung 26 Gestalten der Fassade durch die Kombination von Elementen

Die Anzahl der Baugruppen werden im laufenden Projektgeschäft erweitert und optimiert. Ist es beispielsweise erforderliche eine Baugruppe für ein konkretes Bauvorhaben anzupassen, so entsteht eine weitere Baugruppe. Die Modifizierung einer Baugruppe wird als „delta-engineering“ verstanden, d.h. eine bereits bestehende Baugruppe wird entsprechend dem aktuellen Bedarf (veränderte Geometrie, andere Ausstattung) modifiziert. Dadurch sinken die Entwicklungskosten für neue Baugruppen. Die Systematik einer baugruppenorientierten Planung und Ausführung ist ein in sich ständig wachsendes und anpassbares System im laufenden Geschäftsbetrieb. Dadurch ist es möglich mit einer geringen Anzahl an in einem Bausystem vollständig gelösten Baugruppen am Markt zu starten.

Mit der Baugruppensystematik wird es dem Planungsteam ermöglicht, auf unterschiedliche Grundstückssituationen gestalterisch und städtebaulich angemessen reagieren zu können. Dadurch entsteht ein individuell anpassbares Produkt – **Ein Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau** – entsprechend den Anforderungen des sozialen Wohnungsbaus.

Die Kombinationsmöglichkeiten von Baugruppen sind maßgeblich abhängig von der Qualität und konstruktiven Ausbildung der Schnittstellen zwischen den Baugruppen. Im Folgenden wird die Schnittstellenthematik von Baugruppen detailliert erläutert und Lösungsstrategien werden vorgestellt.

Schnittstellen einer baugruppenorientierten Planung und Produktion

Werden die theoretischen Grundlagen zu Schnittstellen in Baukastensystemen aus Kapitel 4.2 auf die Baugruppensystematik übertragen, so entstehen an den Begrenzungsflächen der Baugruppen Schnittstellen. Bei der Kombination von BG-G, BG-E und BG-A zu Gebäudetypologien sind in Abhängigkeit der Geometrie folgende Schnittstellen vorhanden:

- flächige Schnittstellen (Wand zu Wand)
- linienförmige Schnittstellen (Wandkanten zu Wandkanten; Deckenkanten zu Deckenkanten) und
- punktuelle Schnittstellen (räumliche Schnittpunkte der flächigen und linienförmigen Schnittstellen)

In Abbildung 27 sind die drei Schnittstellenarten von Baugruppen gezeigt.

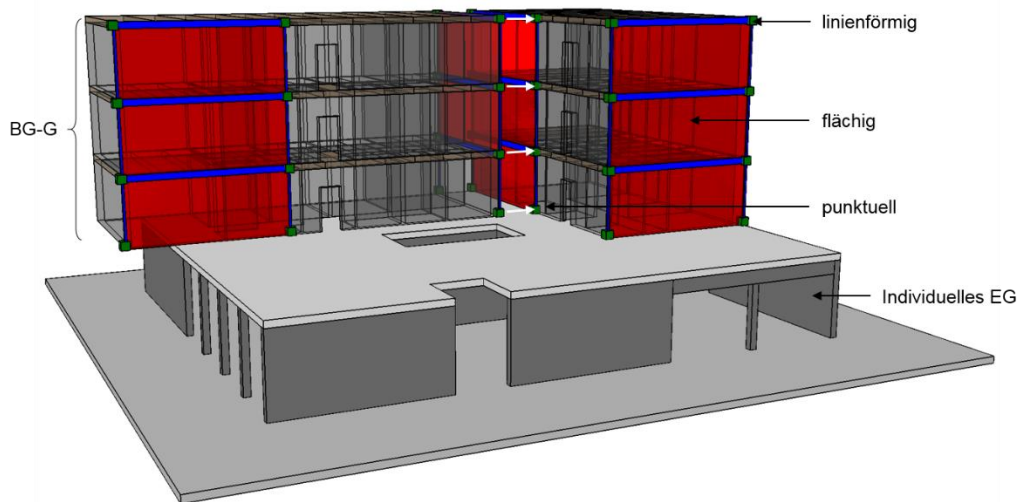


Abbildung 27 Geometrische Schnittstellen von Baugruppen

Die baugruppenorientierte Konzeption einer individuellen Gebäudetypologie beeinflusst die Anzahl und technischen Eigenschaften der flächigen, linienförmigen und punktuellen Schnittstellen. Maßgeblichen Einfluss auf die Ausbildung von flächigen Schnittstellen haben die Anforderungen aus dem baulichen Brandschutz entsprechend der Landesbauordnungen (LBO), die Schallschutzanforderungen der Normenreihe DIN 4109 und statische Anforderungen aus dem Tragwerkssystem. Beide Anforderungen sind grundsätzlich bauteilbezogen zu erfüllen, vgl. Übersicht der Anforderungen in Kapitel 3. Aus den baurechtlichen Anforderungen an die Bauteile (tragende Wände, tragende Stützen, Außenwände, Trennwände, Brandwände, Decken und Dächer) ergeben sich die bauordnungsrechtlichen Anforderungen der punktuellen und linienförmigen Schnittstellen. Der Grund dafür liegt darin, dass die punktuellen und linienförmigen Schnittstellen die baurechtlichen Anforderungen (z.B. Raumabschluss) der angrenzenden Bauteile (Fügeflächen) erfüllen müssen.

Jeder Bausystemhersteller muss einmalig geometrische, konstruktive und gestalterische Detaillösungen für die Schnittstellen in seinem Bausystem entwickeln. Diese Schnittstellen sind nach den Produktions- und Montagebedingungen zu optimieren. Details für die Kraftübertragung (z.B. Schubkraftübertragung Deckenscheibe) sind für unterschiedliche Laststufen zu entwickeln. Zusätzlich sind bausystemabhängige Planungsregeln für die Anordnung der Baugruppen durch den Bausystemhersteller vorzugeben. Dadurch wird sichergestellt, dass die Detaillösungen angewendet werden können. Es wird empfohlen die Details punktueller Schnittstellen in einem CAD System räumlich abzubilden.

Nachfolgend wird die Logik der Fügung der Baugruppenschnittstellen allgemeingültig erklärt. Die konstruktive Ausbildung der Schnittstellen darf die Wohnfläche der Baugruppe-Gebäude nicht verändern. Dazu sind die Breiten und die konstruktiven Aufbauten der Wände eines Bausystems zu definieren, vgl. Abbildung 28.

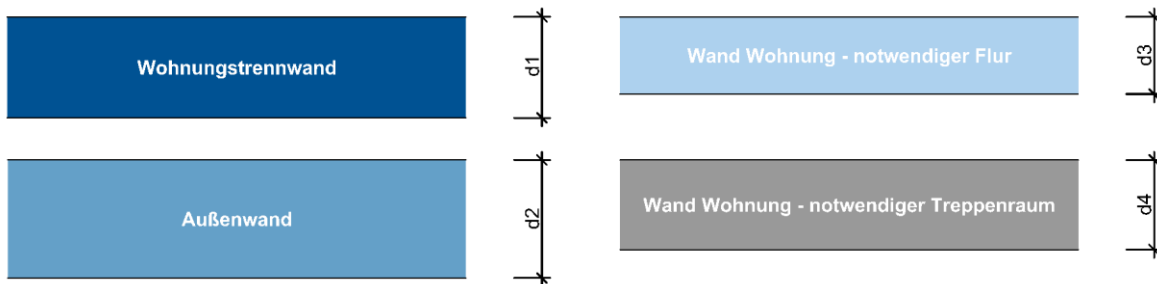


Abbildung 28 Allgemeingültige Wandaufbauten und deren Dicken

Die Außenwände der Baugruppen-Gebäude sind mit der Wanddicke der Wohnungstrennwand anzulegen, Abbildung 29.

Baugruppe-Gebäude
 BG-G-So, BG-G-SoG, BG-G-NSo

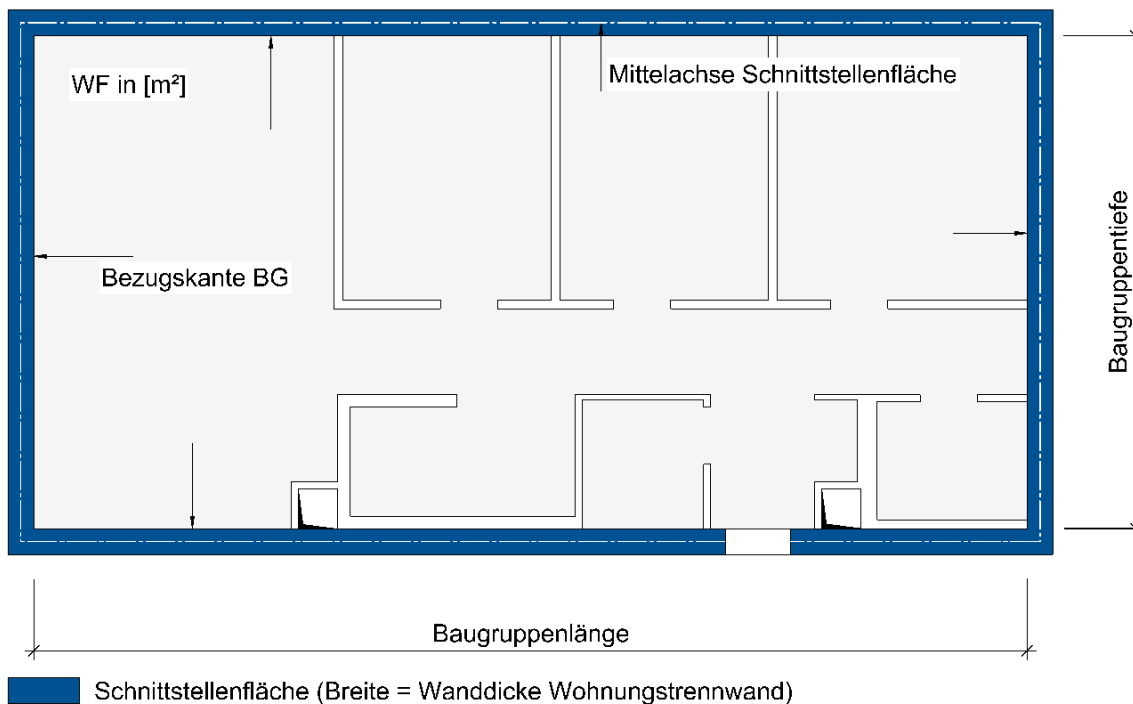


Abbildung 29 Geschossgrundriss einer Baugruppe mit der Außenwanddicke gleich der Wohnungstrennwand

Bei der Konfiguration der einzelnen Baugruppen-Gebäude zu Gebäudetypologien werden die BG-G mit ihren Wandmittelachsen zusammengefügt, vgl. Abbildung 30.



Abbildung 30 Konfiguration von Baugruppen Gebäude (BG-G)

Die flächige Schnittstelle Wohnungstrennwand (F-WT) wird dadurch doppelt abgebildet. Eine Wohnungstrennwand ist im CAD zu löschen. Anschließend ist die flächige Schnittstelle der Wohnungstrennwand korrekt abgebildet. Nun müssen die anderen Wände der BG-G durch die Wände, entsprechend der bauordnungsrechtlichen Anforderungen, ersetzt werden vgl. Abbildung 31. Die Bezugsseite für die Positionierung der Wände ist die Wandinnenseite. Als Wandinnenseite einer Wand wird die der Wohnung zugewandte Seite bezeichnet.

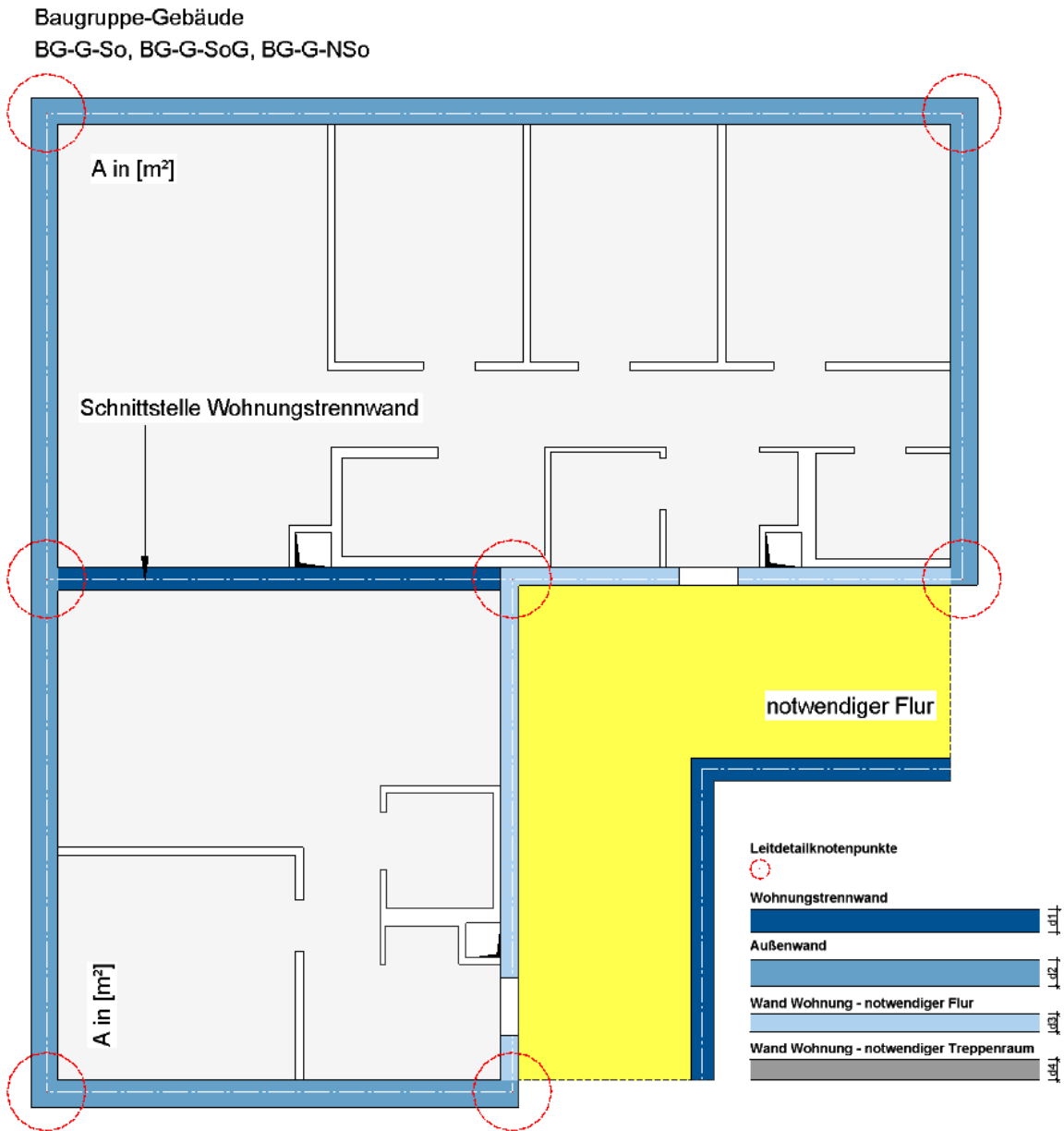


Abbildung 31 Kombinierte Baugruppen mit ersetzten Wänden je nach Schnittstellenart und Darstellung der punktuellen Schnittstellen zur Entwicklung von Leitdetails

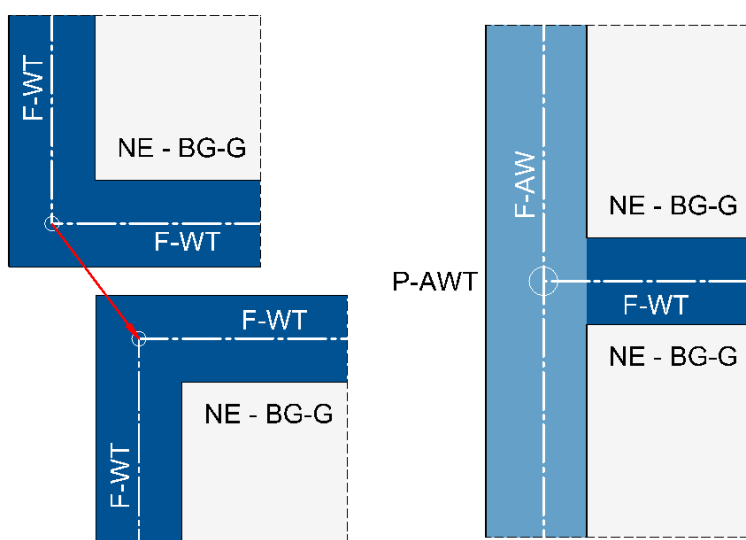
Nach dem Austausch der Wände ergeben sich die bausystemspezifischen linienförmigen und punktuellen Details. Die Details sind je Bausystem zu lösen und in einem Leitdetailkatalog zusammenzufassen. In Tabelle 7 sind die flächigen Schnittstellen von Baugruppen aufgelistet. Die Bezeichnungen der Schnittstellen sind an die bauordnungsrechtlichen Begrifflichkeiten der Landesbauordnungen angelehnt.

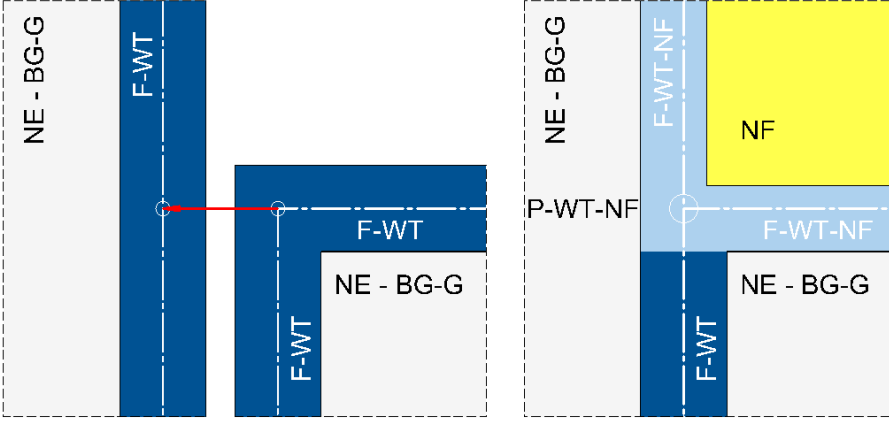
Tabelle 7 Flächige Schnittstellen

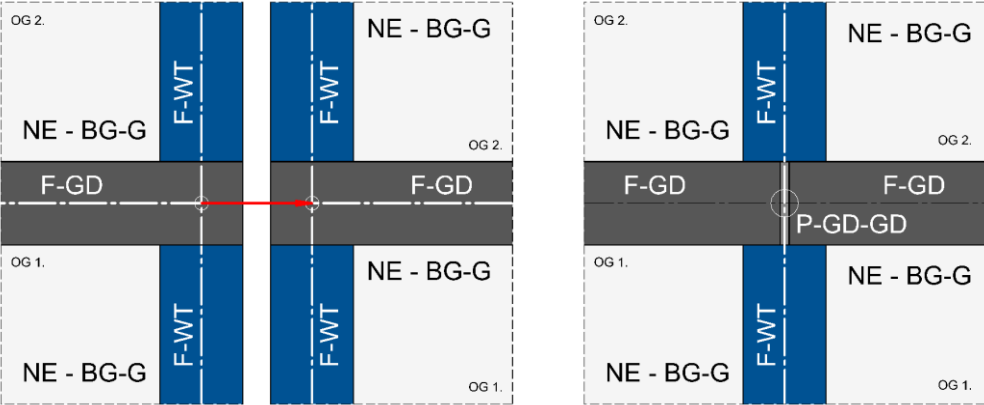
Abkürzung	Bezeichnung
F-AW	Außenwand zu Außenraum
F-WT	Wohnungstrennwand zu einer Nutzungseinheit
F-WT-NF	Wohnungstrennwand zum notwendigen Flur
F-WT-NT	Wohnungstrennwand zum notwendigen Treppenraum
F-D	Dach zu Außenraum

Die Ausbildung der linienförmigen Schnittstellen ist in Abhängigkeit der Anforderungen an die anschließenden Wände und dem Aussteifungssystem zu definieren. In Tabelle 8 sind exemplarisch einige der sich aus den flächigen Schnittstellen ergebenden geometrischen Fügesituationen aufgelistet. In dem jeweiligen Bausystem sind diese Fügesituationen (Leitdetails) festzulegen. Es wird empfohlen die Leitdetails für Laststufen in Abhängigkeit der Geschosse und Gebäudeklassen zu entwickeln.

Tabelle 8 Auswahl an geometrischen Fügesituationen – zu definierenden Leitdetails

Abkürzung	Anschluss Außenwand - Wohnungstrennwand (T-Stoß)
P-AWT	
	NE = Nutzungseinheit

Abkürzung	Anschluss Wohnungstrennwand an Trennwand zwischen Wohnung und notwendigem Flur (NF)
P-WT-NF	
	NF = notwendiger Flur

Abkürzung	Decke zu Decke (Schubkraftübertragung- Deckenscheibe) + Deckenscheibe in Wandscheibe
P-GD-GD	

4.4.2 Typengeschosssystematik

Auch bei dem Konzept des Raummoduls wird die einzelne Wohnung als Baugruppe-Wohnung angesehen. Die einzelne Baugruppe-Wohnung besteht aus einem oder mehreren Raummodulen und stellt eine in sich abgeschlossene technische Einheit dar. Denn in der Addition oder Stapelung ergibt sich keine Änderung des einzelnen Raummoduls.

Gleichwohl ist es sinnvoll, mit den einzelnen Wohnungen so genannte Typen- oder Regelgeschosse zusammen zu stellen, die man hier als den nächst größeren Planungsbaustein ansehen kann - eine Baugruppe Typengeschoss (BG-T). Im Gegensatz zu Tafelbauweisen entsteht bei Raummodulen keine zusätzliche Schnittstelle im Bereich der Decken, da die Module aus Transport- und Vorfertigungsgründen über zweilagige Decken verfügen (Decke des unteren Moduls plus Boden des oberen Moduls). Daher ist hier eine zweidimensionale Betrachtung innerhalb eines Geschosses sinnvoller.

Typengeschosse sind Anordnungen von Wohnungen, die unter Berücksichtigung des Baurechts (Fluchtwege) und der Wirtschaftlichkeit (Anzahl der Treppen und Lifte, TGA) optimiert sind und damit idealerweise für die Entwicklung der städtebaulichen Konfigurationen herangezogen werden.

In der – zunächst beliebigen – Addition unterschiedlich großer Wohnungseinheiten (BG-W) wird das Typengeschoss zusammengesetzt. Das Typengeschoss ist eine sowohl funktional als auch technisch bzw. baurechtlich definierte Größe. Funktional (oder sozial), weil es nicht angemessen ist, gleichartige Wohnungen gewissermaßen endlos zu addieren mit der Folge sozialer Probleme. Technisch, weil von bestimmten Längen oder Mengen andere, weitere und evtl. nicht wirtschaftliche TGA-Lösungen nötig werden. Baurechtlich, weil ab einer bestimmten Länge ein zweites notwendiges Treppenhaus erforderlich wird, möglicherweise nur wegen einer geringfügigen Längenüberschreitung, aber mit erheblichen Konsequenzen für die Kosten.

Insofern sind die Baugruppen-Typengeschoss (BG-T) technisch und funktional optimierte Planungsbausteine, die jedoch im Gegensatz zu den Baugruppen-Gebäude (BG-G) für jeden Gebäudetyp separat zu entwickeln sind. Man sieht in der Systematik, dass alle Gebäudetypen in dieser Weise aufgeschlüsselt und typisiert werden können, auch Kombinationen unterschiedlicher Gebäudetypen sind nicht ausgeschlossen.

Innerhalb eines Typengeschosses können die Baugruppen-Wohnung im Prinzip beliebig angeordnet werden, um einen gewünschten Wohnungsmix zu erreichen. Allerdings ist die definierte Gebäudelänge die Grenze. Im Prinzip können auch unterschiedlich konfigurierte Baugruppen-Typengeschoss

gestapelt werden, sofern gewährleistet ist, dass die Führung der vertikalen Versorgungsschächte beachtet wird. Abbildung 32 zeigt das Prinzip der Typengeschosssystematik für unterschiedliche Gebäudetypen: Punkthaus, Laubenganghaus, Spänner und Mittelflurgebäude.

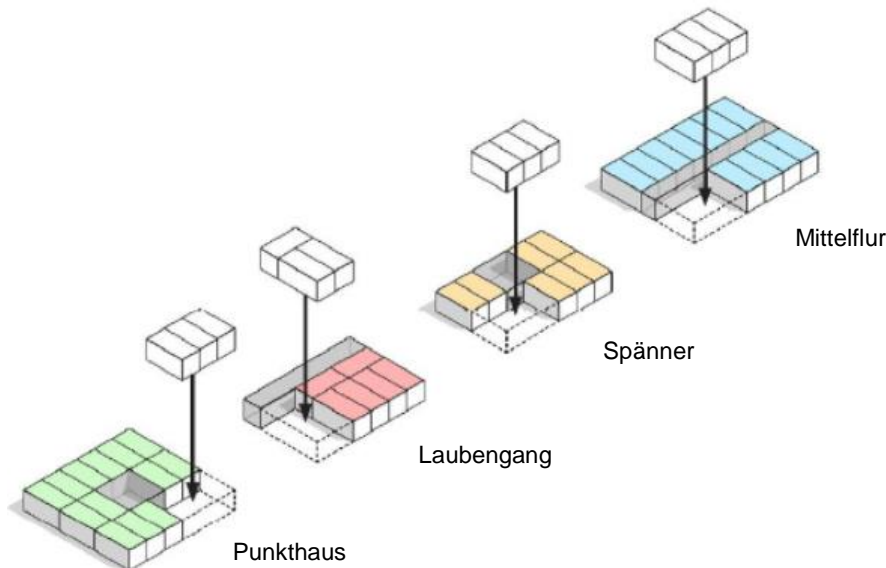


Abbildung 32 Baugruppen als Regelgeschosse

Die Baugruppen-Typengeschoss dienen dazu:

- die jeweils maximale Größe (Länge) der Geschosse beim jeweils wirtschaftlich besten Erschließungsaufwand (Treppe, Lift) darzustellen
- den Planungsaufwand zu verringern, indem Typengeschosse in die städtebauliche Konfiguration eingesetzt werden können
- die Grenzen aufzuzeigen, innerhalb derer der jeweilig gewünschte Wohnungsmix wirtschaftlich untergebracht werden kann
- die Möglichkeiten der Stapelung unterschiedlicher Grundrisse aufzuzeigen, indem die Positionen der vertikalen Schächte festgelegt werden und gezeigt wird, wie Wohnungen unterschiedlicher Größe übereinandergestapelt werden können. Hier entsteht der Übergang zu Baugruppe-Gebäude

Im Folgenden wird exemplarisch eine Typengeschossmatrix bei einem Mittelflurgebäude gezeigt. Die Aufgabe besteht darin, bei einer maximal möglichen Länge des Gebäudes unterschiedliche Typ-

engrundrisse (Wohnungen) einzufügen. Die folgende Abbildung 33 zeigt, das Prinzip wie unterschiedliche Typengeschosse gestapelt werden können, unter der Voraussetzung, dass die vertikalen Schächte durchlaufen.

Gebäudetypologie	Geschosse	Konfiguration von Wohnungen unterschiedlicher Größe im Typengeschoss. Jeweils eine Flurseite.								
Mittelflurgebäude	Geschoss 1	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Cyan	Cyan
	Geschoss 2	Cyan	Cyan	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange
	Geschoss 3	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Cyan	Cyan	Yellow	Yellow	Yellow
	usw.									
Legende ZW = Zimmerwohnung	1 ZW	Blue								
	2 ZW	Cyan	Cyan							
	3 ZW	Yellow	Yellow	Yellow						
	4 ZW	Orange	Orange	Orange	Orange					

Abbildung 33 Beispiel einer Typengeschossmatrix bei einem Mittelflurgebäude

Jede Wohnung, die aus drei und mehr Raummodulen besteht, besitzt zwei Schächte für die Sparten: Jeweils einen zentralen im Bad und einen kleineren in der Küche bzw. bei der Küchenzeile lediglich für das Abwasser. Demnach können mit bestimmten Baugruppen-Typengeschoss auch Wohnungen unterschiedlicher Größe übereinandergestapelt werden, wenn der vertikale Hauptschacht über die Geschosse durchlaufen kann. Es entstehen im Sinne der zuvor beschriebenen Systematik Baugruppen-Gebäude nicht aus Baugruppen-Wohnung, sondern aus Baugruppen-Typengeschoss, allerdings mit etwas geringeren Freiheitsgraden zur Kombination. In Abbildung 34 ist eine Typengeschossmatrix am Beispiel des Gebäudetyps Spänner dargestellt.



Abbildung 34 Typengeschossmatrix Spännertypologie

Innerhalb eines Systembaukastens ist die Typengeschosssystematik für die Raummodulbauweisen neben der Grundrissmatrix ein zentrales Instrument der Planung und eine Voraussetzung zur Einsparung von Planungskosten. Sie ermöglicht eine noch schnellere Visualisierung des Gebäudes mit zugehöriger Kalkulation. Besonderer Vorteil: Die Baugruppen-Typengeschoss können die horizontale Verteilung (Zone 2, vgl. Kap. 7) in einem TGA-Konzept variabler integrieren.

4.5 Planungsinstrument Systembaukasten – Bausystemkonfigurator

4.5.1 Allgemeines

Kaum eine Thematik innerhalb des großen Feldes der Digitalisierung des Bauwesens löst bei den Baubeteiligten so viele kontroverse Positionen aus, wie ein sogenannter „Wohnungsbau-Konfigurator“, also ein Konfigurator für einen Systembaukasten eines Bausystems - im Hinblick auf Chancen, Risiken und Hürden.

Es ist deshalb notwendig, zunächst die Erwartungshaltungen und Vorstellungen verschiedener Akteure miteinander abzugleichen und zu erörtern, was genau unter dem Begriff eines Konfigurators für einen Systembaukasten eines Bausystems verstanden und welche Ziele damit verfolgt werden.

In Kapitel 8.3 wird der aktuell technisch mögliche Stand von Bausystemkonfiguratoren am Beispiel der im Forschungsprojekt beteiligten Industriepartner aufgezeigt und diskutiert.

4.5.2 Der Bauherrn-Konfigurator (Endanwender-Sicht)

Aus Bauherrnsicht besteht die Erwartung, einen heute sehr aufwendigen, zeit- und damit kostenintensiven Prozess der Anbahnung eines Wohnbauprojektes signifikant zu verkürzen. Gleichzeitig soll aber auch mehr Sicherheit in Hinblick auf die Baukosten und die Ausführungszeiten entstehen. Um notwendige Kostenziele zu erreichen, wird auf einen gewissen Grad der Detaillierung und der Individualisierung verzichtet. Die Kosteneffizienz sowie die Termintreue dominieren. Der notwendige Grad der Detaillierung (Level of Detail, LOD) ist im Hinblick auf die architektonische Planung eher gering, jedoch muss das architektonische Erscheinungsbild dreidimensional dargestellt werden können. Die gewählten Baugruppen müssen außerdem mit validen Kosten und Ausführungszeiten verknüpft sein. Entscheidend ist, dass alle relevanten Anforderungen aus der Baubeschreibung (Anforderungskatalog) erfüllt sind. Die Anwendung eines Konfigurators soll ohne eine planerische Leistung und ohne einen großen Erfahrungsschatz des Anwenders möglich sein.

4.5.3 Der Bausystem-Konfigurator (Hersteller-Sicht)

Aus dem Blickwinkel des Systemanbieters bildet der Konfigurator das Front-End als Schnittstelle zum Kunden. Die digitale Eingabemaske „Konfigurator“ trägt dabei das Potential, sowohl die aufwendige Akquise zu ersetzen, sowie für eine gewisse Kanalisierung der Kundenwünsche zu sorgen. Ein Konfigurator vermeidet aufwendige, bauliche Anpassungen einer individuellen Detailplanung

und sorgt damit für signifikante Einsparungen im Engineering und der Werkplanung. Im Idealfall ist der Konfigurator graphisch vereinfacht, sodass eine schnelle und praxisgerechte Anwendung ermöglicht wird. Hinter den vereinfacht abgebildeten Bausteinen sind jedoch bereits auch die detaillierten Werkplanungen vollständig vorhanden, so dass präzise Aussagen zu Preis und Bauzeit getroffen und die weiteren Prozessketten extrem verkürzt umgesetzt werden können. Als Lösungsbeispiel hinsichtlich der Detaillierung und Funktion wäre dies eine Art Sketch-Up-Modell mit verknüpften Detail- und Werkplänen. Die Lösung erfordert einfache Anwendungskenntnisse, sollte sich aber deutlich einfacher und schneller bedienen lassen als klassische CAD-Planungswerkzeuge.

4.5.4 Der Planungs-Konfigurator (Architektur-Sicht)

Aus Sicht der Architektur kann ein Konfigurator gewisse Teilprozesse verschlanken. Die Gebäudeplanung muss jedoch noch immer auf die jeweilige Geländesituation und die Umgebung reagieren, um gerade in dichtbesiedelten Regionen eine größtmögliche Wohnfläche zu erschließen. Die individuelle Planung sei damit ein Garant der Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes. In dieser Definition ist der Konfigurator ein vom Experten benutztes Planungswerkzeug, das es erlaubt, anhand verfügbarer Bausteine zwar modular, aber immer noch individuell mit möglichst vielen Gestaltungsspielräumen ein Gebäude optimal in ein Baufeld einzugliedern und für die notwendige und ansprechende Architektur zu sorgen.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Anforderungen an einen einfachen Konfigurator aus Sicht des Bauherren-Anwenders idealtypisch noch einmal zusammengefasst, da sie die Grundlage der prototypischen Anwendungen im Projekt bilden.

Tabelle 9 Anforderungen an einen Konfigurator aus Sicht des Bauherren-Anwenders

Anwendungsumgebung und notwendige Kenntnisse
<ul style="list-style-type: none"> - Webbasiert - Ohne zusätzliche Kenntnisse über einfache Auswahlmenüs anwendbar - Einfache Druckfunktionen für 3D-Screenshots, Grundrisse und Leistungsverzeichnisse (LV)
Visualisierung
<ul style="list-style-type: none"> - 3D-Renderings der Gebäudehülle mit Fassade und Anbauelementen - 2D-Schnitte der Grundrisse mit Erschließung, Wohnungsmix, Treppenhäusern, Aufzügen und Schächten
Gewünschte Auswahlmöglichkeiten

<ul style="list-style-type: none"> - Typologie (Punkt, Zeile, Block) - Abmaß (Länge, Tiefe) - Erschließungsform - Anzahl Geschosse - Keller – ja/nein - Grundrisskonfiguration des Geschosses mit vorkonfigurierten Wohnungstypen für 1-5 Raum-Wohnungen bzw. vorkonfigurierten Regelgeschossen - Belegungsvariationen EG mit Gemeinschaftsräumen - Dachform (Flach-, Pult-, Sattel-, Gründach) - TGA-Ausstattung Heizung (Wärmeversorgung zentral, Gasbrennwert, Heizkörper/Flächenheizung) - TGA-Ausstattung Warmwasser (Zentrale, Wohnungsstation, dezentrale WW-Bereitung, Solarthermie j/n) - TGA-Ausstattung Lüftung (Zentrale Abluft mit dezentraler Nachströmung, Pendellüfter, Wohnungslösung mit Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung) - Aufzug j/n kleiner 5 Vollgeschosse - Balkon j/n - WDVS/VHF evtl. mit Materialoptionen
<p>Verfügbare Ergebnisse/Kennwerte</p>
<ul style="list-style-type: none"> - 3D-Darstellung des konfigurierten Gebäudes in der Außenansicht gemäß der gewählten Typologie, der Erschließung, den gewählten Abmessungen, der Geschossigkeit, der Fenster/Fassade sowie der Dachform - 2D-Darstellungen der Geschossschnitte, der Wohnungsgrundrisse, der Treppenhäuser, Brandabschnitte, Schachtverläufe und Aufzüge - Preis mit Grundpreis und gewählten Optionen - Bauzeit ab Bestellung - Kennwerte zu EnEV, KfW-Förderung - Flächenkennwerte
<p>Weiterführende Funktionen (perspektivisch gewünscht)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Kennwerte zu Lebenszykluskosten und Nachhaltigkeitszertifikaten

Wie dargestellt ist ein Konfigurator ein Werkzeug (Hilfsmittel), mit dem – auf der Basis des jeweiligen spezifischen Bausystems (Industriesystems) – ein Gebäude schnell und in Varianten generiert werden und mit dem schnelle Kostenschätzungen erfolgen können. Die Planungszeit und die Entscheidungswege werden verkürzt. Fehler werden reduziert. Die Art und Weise des Bauens und des Planens wird durch den Konfigurator unmittelbar aufeinander bezogen. Das gesamte Denkgebäude der herkömmlichen Planung ist neu zu strukturieren. Mehr als jemals bietet die Digitalisierung heute dafür die Voraussetzung. Der Konfigurator im Beschaffungsprozess

Ausgangslage

Wie in den vorstehenden Kapiteln dargestellt, definiert sich ein Systembaukasten im Sinne des Forschungsprojektes nicht universell, sondern Hersteller bezogen. Wie in der Automobilindustrie geht es daher darum, endfertige bauliche Lösungen eines bestimmten Herstellers gemäß den Kundenanforderungen zu konfigurieren. Aus dem Systembaukasten lassen sich weder beliebige Ergebnisse erzielen noch lässt er – von Einzelbauteilen abgesehen - eine freie Kombinatorik mit Systemelementen andere Bausysteme zu. Nur so ist die Bereitschaft der Bauwirtschaft zu erwarten, in den nächsten Jahren mindestens jeweils zweistellige Millionenbeträge in hochmoderne Prozess- und Produktionsplattformen mit hohem Automatisierungsgrad zu investieren.

Eine universelle Kombinierbarkeit wäre zwar wünschenswert und würde die Varianz der Endergebnisse der Konfiguration deutlich erhöhen. Eine solche ist jedoch kurz- und mittelfristig nicht realistisch, da zu viele verschiedene Interessen in Einklang gebracht werden müssen. Bereits im Bereich der Digitalisierung wurde im Rahmen des Projektes erkennbar, wie groß die Widerstände in Bezug auf die Datendurchlässigkeit von der Phase der Planung in die Phase der Produktion sind. Dies scheitert nicht an den technischen Möglichkeiten, sondern an (zumindest derzeit noch) in proprietären Strukturen verhafteten Entwicklerlandschaften zum Schutz der eigenen Investitionen. Was für die IT-Branche gilt, hindert auch die realistische Aussicht, dass sich eine gesamte Baubranche oder zumindest Teile davon auf einen universellen Systembaukasten für den mehrgeschossigen sozialen Wohnungsbau festlegt. Die geltenden – von Bundesland zu Bundesland verschiedenen – rechtlichen Rahmenbedingungen sowie lokalen Nachfragepräferenzen flankieren die geringen Chancen einer praktischen Umsetzbarkeit eines universellen Systembaukastens.

Es wird daher mittel- und langfristig eher unwahrscheinlich sein, dass Planer aus einem universellen Systembaukasten Gebäude konfigurieren, deren serielle Produktion im Wettbewerb unter verschiedenen Herstellern vergeben wird.

Auf der Ebene der Beschaffungsentscheidung der Auftraggeber (z. B. Wohnungsunternehmen) findet - bedingt durch die spezifischen Systembaukästen - daher Wettbewerb zwischen verschiedenen Herstellern bezogen auf die jeweils ganzheitliche Lösung statt. Vergleichbar der Beschaffung neuer Fahrzeuge für den Fuhrpark des Unternehmens, bei der die Fahrzeuge in Gänze und nicht deren Teile im Wettbewerb stehen.

Der Wettbewerb unter den Zulieferern der Einzelbauteile, aus denen sich der Systembaukasten zusammensetzt, findet in diesem Fall auch auf der Ebene des jeweiligen Herstellers statt. Dies unterscheidet sich zunächst vom konventionellen Bauen, bei dem bereits auf der Ebene der Bestellung durch den Auftraggeber auf Basis von standortindividuellen Planungen der Wettbewerb um die Einzelbauleistungen ausgelöst wird.

Dies ist auch ein Grund dafür, dass die Mitwirkung von sog. Baustoffzulieferern an sog. systemischen Baulösungen, die die Lieferkette verkürzen würden, noch vor wenigen Jahren als zurückhaltend zu beschreiben ist. Aufgrund der demografischen Entwicklung, die dazu führt, dass aufgrund fehlender Fachkräfte für das konventionelle Bauen vor Ort die Kapazitäten der Produktion von Baustoffen zunehmend nicht ausgeschöpft werden können, hat jedoch auch hier ein sichtbares Umdenken eingesetzt, um die im seriellen Bauen liegenden Marktpotenziale zu heben. Was vor kurzem noch zu Lasten langjähriger Vertriebsstrukturen gegangen ist, ist nunmehr ein notwendig ergänzender Weg, um bis zum Endkunden durchzudringen.

Konsequenzen für den Beschaffungsprozess

Die vorstehend genannte grundlegende Verschiedenheit dessen, was von den Auftraggebern beschafft wird (serielles Endprodukt oder konventionelle Einzelhandwerkerleistungen), hat zumindest für die Auftraggeber, die per se sog. öffentliche Auftraggeber sind oder wenn mit Fördermitteln (der sozialen Wohnraumförderung) gebaut wird, vergaberechtliche Implikationen.

Beim konventionellen Bauen erfolgen in aller Regel mindestens auf zwei Stufen vergaberechtlich relevante Beschaffungen - zunächst auf der Ebene der Konfiguration des Gebäudes in Form der Suche nach geeigneten Planern und in der Folge die Ausschreibung der Bauleistungen in mehreren Fach- und Teillosten oder als Generalunternehmerleistung.

Die Beschaffung von seriellen Lösungen führt zwar zu inhaltlichen Änderungen der jeweiligen Stufe, nicht jedoch zu deren Entfall. Hierin liegt – aller stets bemühten Vorbildwirkung zum Trotz - auch ein entscheidender Unterschied zur Beschaffung von Fahrzeugen. Fahrzeuge sind universell in Bezug auf ihren Einsatzort der standardisierten Straße. Es bedarf keiner planerischen Anpassungen. Gebäude hingegen bedürfen stets ihrer Anpassung an die äußerlichen Rahmenbedingungen (städtebaulich, baurechtlich usw.) und müssen, wenn auch auf der Grundlage eines herstellerspezifischen Systembaukastens konfiguriert werden.

Die Auseinandersetzung mit dem Thema „Konfigurator“ im Rahmen dieses Forschungsprojektes hat gezeigt, dass diese Konfigurations- und Anpassungsleistungen zumindest kurz- und mittelfristig

nicht – zumindest nicht in der benötigten Vollständigkeit - durch Definitionen und Regeln innerhalb eines digitalen Produktkonfigurators abbildbar sein werden. Zu verschieden sind bereits die jeweiligen Standorte, zu zahlreich und regional zersplittert sind die zu beachtenden Rahmenbedingungen. Ein Konfigurator, so wie ihn der jeweilige Hersteller, in naher Zukunft für seinen individuellen mehrgeschossigen Systembaukasten zur Verfügung stellen kann, wird daher vorrangig auf der Ebene der Markterkundung und aufgrund seiner wesensimmanenten Kostentransparenz des „Ob“ der Beschaffungsentscheidung wirken. Er wird ferner ein maßgebliches Tool für die Konfiguration der Gebäude sein, was jedoch voraussetzt, dass er auf einem „Expert-Level“ entsprechend fachmännisch bedient wird/werden kann.

Eine Bedarfsdeckung im mehrgeschossigen sozialen Wohnungsbau mittel Systembaukasten setzt daher auch in Zukunft voraus, dass – vorbehaltlich eigener personeller Kapazitäten des Bauherrn - entsprechende Planer gebunden werden bzw. ganzheitlich in einem „design and build“-Modell Planung und Bau kombiniert werden. Inhaltlich wird durch die schnittstellenfreie Konfigurierbarkeit systemischer Lösungen jedoch der Planungsauftrag Anpassungen unterliegen. Durch den Rückgriff auf systemische Lösungen sinkt der Aufwand in gleichem Maße wie das Risiko von Planungsfehlern, gleich ob Eigenplanung, Architektenplanung oder Gesamtlösung.

Bei der Beschaffung der eigentlichen endfertigen Lösung wird es auch in Zukunft aus Sicht des Auftraggebers essentiell sein, dass es unter verschiedenen Herstellern intensiven Wettbewerb gibt. Andernfalls fehlt es am notwendigen Anreiz und damit an einem wesentlichen Baustein, damit die erheblichen Kostenvorteile, die in einem vollen digitalisierten Systembaukasten mit serieller Produktion liegen, auch tatsächlich an den Endkunden weitergegeben werden. Die Problematik hat sich auch im Forschungsprojekt gezeigt, wo zwar erhebliche Kostenvorteile sichtbar wurden, diese jedoch kalkulatorisch – auch aus den nachvollziehbaren Gründen des Betriebsgeheimnisses – nicht vollumfänglich abgebildet werden konnten, siehe Kapitel 9. Kommen die Kostenvorteile jedoch nicht beim Endkunden an, wirkt sich das – vorbehaltlich anderer Vorteile - zu Lasten beider Seiten aus, weil den Auftraggebern – zumindest soweit diese dem öffentlichen Vergaberecht unterliegen – die Beschaffung enorm erschwert wird; bis hin zur Notwendigkeit mangels Nachweisbarkeit der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit einer konventionellen Beschaffung den Vorrang zu geben. Folgende vergaberechtlichen Gesichtspunkte sind dabei zu berücksichtigen.

Das Vergaberecht hat seine Wurzeln im öffentlichen Haushaltsrecht. Es hat die Funktion, mit öffentlichen Mitteln ausgestattete Einrichtungen (z.B. Gemeinden, Landkreise, kommunale Unternehmen), denen de facto mit unwiderlegbarer gesetzlicher Vermutung eine privatrechtswirtschaftliche, respektive streng betriebswirtschaftliche Verwendung der Mittel abgesprochen wird, einen konkreten

Rechtsrahmen für eine sparsame und wirtschaftliche Mittelverwendung zu geben. Das Vergaberecht regelt daher ausschließlich das „Wie“ der Beschaffung, nicht jedoch das „Ob“ und das „Was“ beschafft werden soll. Die Entscheidung über das „Ob“ und das „Was“ obliegt ausschließlich diesen Einrichtungen.

Die erste Ebene eines jeden Beschaffungsprozesses, die Definition des Beschaffungsgegenstandes („ob und was“) ist daher dem Vergaberecht grundsätzlich entzogen, zumindest solange die Definition nicht willkürlich erfolgt bzw. mit dem Ziel verfolgt wird, den eigentlichen Beschaffungsvorrang aus sachfremden Gründen vollständig dem Vergaberecht zu entziehen. Bei einer sachlich begründeten, willkürfreien Festlegung dessen, was beschafft werden soll, besteht jedoch ein erheblicher Gestaltungsspielraum für den jeweiligen öffentlichen Auftraggeber.

Auf dieser Stufe können Endkunden orientierte Konfiguratoren der verschiedenen Hersteller einen wertvollen Beitrag bei der Beschaffungsentscheidung leisten, weil nach der Zieldefinition des Projektes „Bauen mit Weitblick“ mit dem Konfigurationsergebnis neben Aussagen zur Lieferzeit, Kubatur, Ausstattung, Materialität etc. unmittelbar eine konkrete Kostenaussage für den Standort verbunden ist.

Der Gestaltungsspielraum bei der Festlegung des Beschaffungsgegenstandes umfasst grundsätzlich auch die grundlegende Entscheidung, ob konventionell geplant und gebaut wird oder ob serielle Systemlösungen verwendet werden, sofern und soweit es hierfür sachliche Gründe gibt (z. B. nachweisbare Zeit-, Kosten und Qualitätsvorteile): Es liegt in der Natur der Sache, dass die Konfiguration innerhalb eines herstellereigenen Systembaukastens, sei er auch in vielen Teilen variabel, zu divergierenden Produkten führt. Auch hier kann erneut die Parallelbetrachtung zur Konfiguration von Fahrzeugen dienen. Ursache dafür sind die vom jeweiligen Hersteller zu treffenden Grundentscheidungen für seinen Systembaukasten, um die angestrebten Kosten-, Aufwands- und Zeiteffekte zu erzielen, z.B. Entscheidung für eine bestimmte Maßsystematik, Materialität, Flächenelemente oder Module.

Ein Konfigurator bzw. die Konfigurationsergebnisse verschiedener Hersteller ermöglicht es jedoch den öffentlichen Auftraggebern eine willkürfreie Entscheidung darüber zu treffen, ob konventionelle Einzelbauleistungen beschafft werden sollen oder serielle/modulare Gesamtlösungen. Vorausgesetzt, dass die konfigurierten Ergebnisse gegenüber den voraussichtlichen Kosten einer konventionellen Beschaffung wirtschaftlicher sind.

Ein herstellerspezifischer Konfigurator, wie er sich nach den Ergebnissen des Forschungsprojektes, abzeichnet, kann jedoch nicht Endpunkt der Beschaffungsentscheidung sein, sondern ist auf der Ebene der Vorüberlegungen (Markterkundung § 28 Abs. 1 VgV) lediglich Ausgangspunkt des Beschaffungsvorgangs. Insoweit verhält sich auch ein strikt betriebswirtschaftliches Unternehmen nicht anders, welches auf der Grundlage der Konfiguration in konkrete Vertrags- und Preisverhandlungen mit den in Betracht kommenden Anbietern serieller/modularer Produkte auf Basis eines Systembaukastens treten würde.

Dies schließt die Schaffung von Wettbewerb jedoch nicht aus. Im Wettbewerb stehen die auf das jeweils zu bebauende Grundstück angepassten endfertigen seriellen Lösungen der verschiedenen Hersteller, die unter wirtschaftlichen und technischen Kriterien bewertet werden.

Die eigentliche Beschaffung des so definierten Beschaffungsgegenstandes „serielle/modular Bauweise“ würde sodann bei öffentlicher Auftraggeberstellung im Rahmen der jeweils geltenden vergaberechtlichen Vorschriften erfolgen.

Eine mögliche Vorgehensweise der Beschaffung serieller herstellerspezifischer Lösung nachdem die Grundsatzentscheidung zugunsten seriellen/modularem Bauen getroffen wurde, wird aktuell in der bundesweiten Ausschreibung der GdW (Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V.) zum seriellen Bauen unter Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) aufgezeigt. Die Ausschreibung erfolgt im Wege eines Verhandlungsverfahrens mit vorgeschaltetem Teilnahmewettbewerb. Im Ergebnis werden Rahmenverträge mit den jeweiligen Herstellern serieller/modularer Systeme geschlossen (vgl. <http://web.gdw.de/wohnen-und-stadt/serielles-bauen>).

5 Anwendung des Systembaukastens

Christian Schühle, Joachim Brech, Anne Niemann, Hermann Kaufmann

5.1 Vorstellung der Bausysteme

Im Projekt wurden zwei Bausysteme ausgewählt, die unterschiedliche Ansätze des Bauens mit vorgefertigten, industriell hergestellten Modulen aufzeigen – das Bauen mit flächigen Elementen, die vor Ort zu Räumen zusammengesetzt werden und bereits fix fertigen Raumzellen, vgl. Abbildung 35.

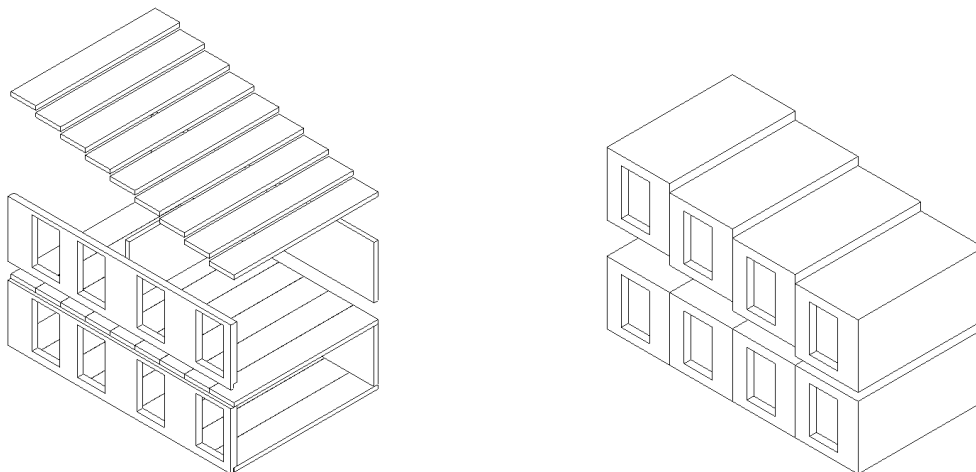


Abbildung 35 links: Flächenelemente; rechts: Raummodule

5.1.1 Bausystem Flächenelemente

Als Konstruktion des Bausystems Flächenelemente wurde eine hybride Tafelbauweise gewählt. Startpunkt ist die serielle Fertigung weitestgehend standardisierter Flächenelemente in Holztafelbauweise für Wand- Zwischendecken- und Dachbauteile und alternativ in Betonfertigteilbauweise für die Decken, die sich durch eine hohe Variabilität, Flexibilität und einem sehr hohen Ausbaugrad auszeichnen. Die Fertigungsabmessungen sind dabei skalierbar und stellen sich auf die geplanten Wand-, Decken- oder Dachelemente ein. Damit kann eine hohe Automatisierung bei gleichzeitiger Variabilität erreicht werden. Für die Holztafelbauelemente wurde auf die üblichen Konstruktionen des Partners Regnauer zurück gegriffen. Das hybride Bausystem ist für einen Konfigurator besser

geeignet als starre Systeme. Durch die Eigenschaften des bis zur Gebäudeklasse 5 (GK 5) einsetzbaren Bausystems sind Lösungen für nahezu beliebige Grundstückszuschnitte und Wohnungsmixe in kurzen Bauzeiten und bei einer hohen Energieeffizienz realisierbar.

Zusatzmaßnahmen in der Gebäudetechnik aufgrund EEWärmeG können häufig entfallen, die Nutzung der Fördermaßnahmen z.B. die der KfW ist in der Regel ohne Zusatzaufwand möglich.

Das hybride Tafelbausystem im Einzelnen:

Außenwände: Geschosshohe und bis zu 12 m lange Großtafelwände, hoch wärmedämmend in Holztafelbauweise. Alle tragenden Wandteile nach Statik und hochfeuerhemmender K₂60-Bauweise. In der Grundvariante als verputzte Variante mit Gesamtwandstärke von 415 mm, Wärmedurchgangskoeffizient (u-Wert) von 0,12 W/m²K und folgendem Wandaufbau von außen nach innen:

Außenwand "Passiv" - K260

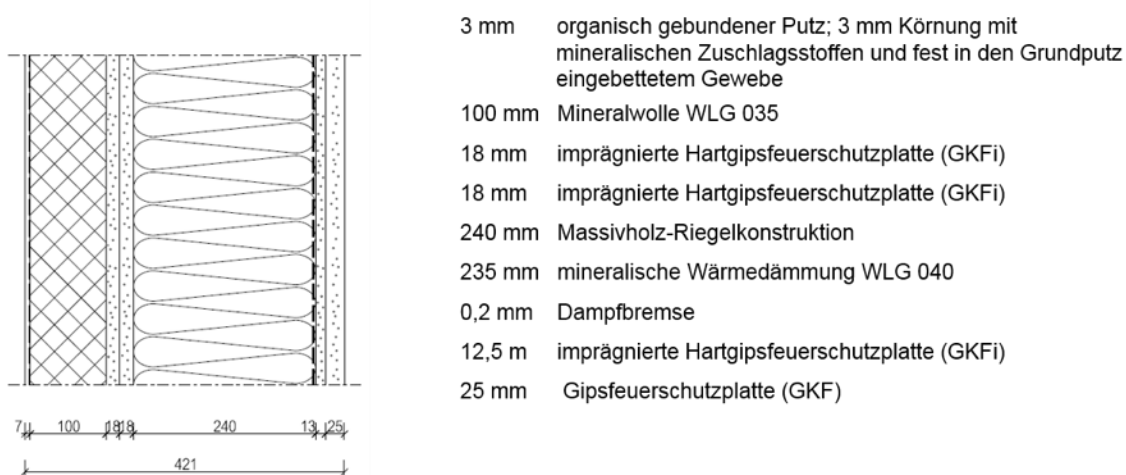


Abbildung 36 Außenwände Bausystem hybrider Tafelbau

Die Variationen unterschiedlichster Fassadengestaltungen sind ohne Einfluss auf das Tragwerk möglich, die bauphysikalischen Kennwerte ändern sich korrespondierend. Ebenso sind grundsätzlich Ein- und Vorsprünge, Staffel- und Schrägdachgeschosse sowie Balkone möglich.

Zwischendecke mit zwei möglichen Grundsystemen:

- Die Holzbalkendecke als „Regnauer Silence-Decke“ mit hoher Vorfertigung und im Werk angebrachter K_260 Unterseite und eingebauten Schwingungsdämpfern
- Die Betondecke als schlaff bewehrte Beton-Hohlkammerdiele mit einer Elementbreite von ca. 2,24 m und Spannweiten bis 7,62 m mit sogenannten „integrierten Ringankern“, d.h. ohne bauseitigen Ringankerverguss und Verbindung der Deckenelemente durch Spannschlösser. Die Deckenstöße werden vergossen. Die Unterseite hat Sichtqualität, Endbehandlung: Spachteln der Stoßfugen, Malervlies, Malern. Hohlkammern für die Installationsführung geeignet (Lüftung, Elektro). F90-Nachweis auch bei Nutzung der Hohlkammern zu Installationszwecken liegt vor.
 Aufbau von unten nach oben:

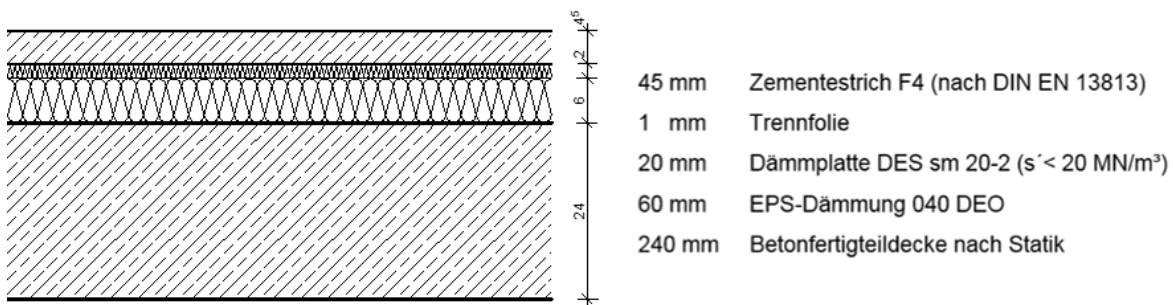


Abbildung 37 Zwischendecke des verwendeten Bausystems

Dach: Flachdach als Binderdach mit Lastannahmen zur statischen Berechnung nach DIN EN 1991 mit folgendem Aufbau von außen nach innen:

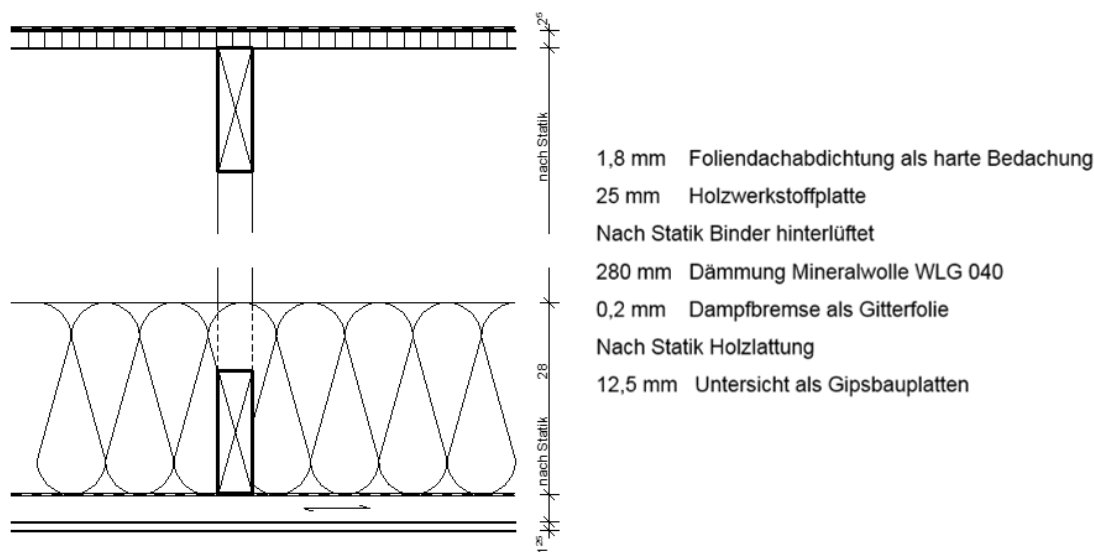


Abbildung 38 Dach des verwendeten Bausystems

Der Dachaufbau kann auch als Aufdachkonstruktion gewählt werden. Die Entwässerung wird bevorzugt nach außen geführt und über Fallrohre am Gebäude abgeleitet.

5.1.2 Bausystem Raummodule

Unter der Bezeichnung ‚maxmodul‘ firmiert ein von dem Partner Max Bögl entwickeltes, industriell hergestelltes Raum-Modul-System in Stahlbeton Massivbauweise, das als Ausgangspunkt für die Erprobung der Baugruppen-Systematik mit Raummodulen heran gezogen wurde.

Das Ziel von Raummodul-Bauweisen ist es, alle nur denkbaren Arbeiten in die Werkshalle zu verlegen. Mit einem Raum-Modul, einem allseitig geschlossenen Raum, ist ein maximaler Vorfertigungsgrad zu erreichen.



Abbildung 39 Produktionsstraße ‚maxmodul‘ auf dem Firmengelände von Max Bögl

Das hier heran gezogene Raummodul wird aus Stahlbeton gefertigt. Der großen Robustheit der Massivbauweise steht gegenüber, dass ein Raummodul aus Beton nicht in der gleichen Flexibilität zu bauen ist wie eines aus Holz oder Stahl, und dass die Beton-Module ein im Vergleich großes Eigengewicht haben. Dies beschränkt sowohl die Größen der einzelnen Module als auch deren Einsetzbarkeit für bestimmte Anwendungen, wie z.B. an schwer zugänglichen Orten (Kranstellplatz) oder für eine Aufstockung.



Abbildung 40 Ausgebautes ‚maxmodul‘

Industrielle Produktion

Die in diesem Vorhaben zum Vergleich heran gezogenen Raummodule werden auf einer Produktionsanlage mit einer Kapazität von ca. 4000 Raummodulen im Jahr hergestellt. Die Anlage speziell für den Bau von Raummodulen in Massivbauweise ausgelegt. In einer Ausbaulinie mit 15 Stationen werden die maßgenau gefertigten Stahlbeton-Raummodule weitestgehend fertig ausgebaut, so dass vor Ort lediglich die Verbindungen bei TGA und Gebäudehülle hergestellt werden müssen.

Das verwendete Bausystem der Raummodule besteht im Einzelnen aus:

Wandaufbau Modul:

Außenwand:

Stahlbeton	160 mm
WDVS EPS	200 mm
WDVS Systemputz	3 mm

Bodenaufbau Modul von oben nach unten:

Bodenbelag	nach Wahl
Gipsfaser trockenestrich	25 mm
TSD Mineralwolle	20 mm
EPS Dämmung	70 mm
Stahlbeton	80 mm
mit Randaufkantung	200 mm

Moduldecke von unten nach oben:

melaminharzbeschichtete Spanplatte	17,5 mm
Holzrahmen KVH	60/160 mm
Holzwerkstoffplatte	15 mm

Dachaufbau Flachdach:

PVC Folie	2 mm
Gefälledämmung	150 mm
Wärmedämmung	150 mm
Bituminöse Abdichtung	

Da auch ein seriell gefertigtes Bausystem auf örtliche Bedingungen reagieren können muss, sind außer einem Flachdach auch andere Dachformen realisierbar.

Basierend auf den Raummodulgrößen stehen im Sinne der zuvor beschriebenen Systematik Typengrundrisse, Typengeschosse (BG-T), Typenbäder, Gebäudeerschließung, TGA-Zonen, Fenster und Fassaden sowie Architekturelemente wie Balkone (BG-A) zur Verfügung. Die Planung und die Produktion sind so unmittelbar miteinander verknüpft. Der gesamte Planungsablauf von der ersten Skizze bis zur Eingabeplanung, die Produktionsplanung, die Montagelogistik bis zum Facilitymanagement ist durchgängig strukturiert, siehe Kapitel 4.3.2.

5.2 Umsetzung der Baugruppensystematik durch Flächenelemente

5.2.1 Maßsystematik der Flächenelemente

Die im Bausystem hybrider Tafelbau verwendete Decke erlaubt eine maximale lichte Tiefe (V1) der Grundrisse von 7,30 m. Die Anzahl der Installationsschächte wird minimiert, um Bau- und Wartungskosten zu sparen und die Kombinatorik der Nicht-Sortenreinen Baugruppen zu erleichtern - es gilt je Bad ein Schacht, Küche und Bad sind zu kombinieren.

Die Tiefe V2 (6,90 m) ermöglicht noch eine ausreichende Belichtung bei gleichzeitig kompakten, wirtschaftlichen Gebäudekörpern und wird als Basismodell für ein Referenzgebäude (siehe Kapitel 5.4) zugrunde gelegt.



Abbildung 41: Maßsystematik System hybrider Tafelbau - lichte Tiefen

Die Konstruktion aus Großtafelementen erlaubt, im Gegensatz zu Raummodul-Systemen, eine flexiblere Anpassung der Grundrisstiefen – vgl. Abbildung 42. Das vorgeschlagene Maßsystem orientiert sich an den Vorgaben des Anforderungskatalogs (siehe Kapitel 3) und kann innerhalb dieser Grenzen (z.B. Minimal- und Maximalgrößen der Wohnungen) angepasst werden, um beispielsweise Grundstücke besser auszunutzen oder auf schwierige Grundstücksformen reagieren zu können.

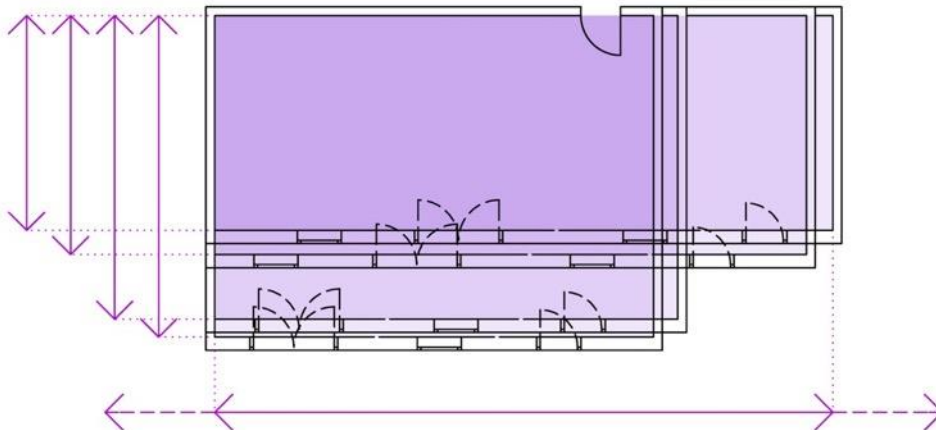


Abbildung 42: Flexible Anpassung der Grundrisse in Bausystemen aus Flächenelementen

5.2.2 Entwurf von Baugruppen

Ausgangspunkt für die Untersuchungen der Baugruppensystematik sind Typengrundrisse für 1-5 Zimmerwohnungen (Baugruppe-Wohnung, BG-W). Für die Standardausführung der Wohnungen sind die Flächenvorgaben der deutschen Förderlandschaft vorausgesetzt (siehe Kapitel 3), sie sind durchgängig barrierefrei zu planen und allein mit den im Kapitel 6 ausführlich beschriebenen Systembädern zu bestücken (Ausnahme: die geforderte rollstuhlgerechte Wohnung).

Die Grundrisse sind für das im Kapitel 5.4 genauer beschriebene Referenzgebäude Regelfall, einen einfach strukturierten Mittelgangtyp, konzipiert:

Basis-Typ: 1-5 Zi-Wohnung (gemäß Regelausführung barrierefrei), Tiefe V2

1-Zi-Wohnung	35,1 m ²
2-Zi-Wohnung	50,0 m ²
2-Zi-Wohnung (rollstuhlgerecht)	67,4 m ²
3-Zi-Wohnung	67,4 m ²
4-Zi-Wohnung	89,6 m ²
5-Zi-Wohnung (teilbar in 2-Zi und 3-Zi-Wohnung)	114,9 m ²



Abbildung 43 Grundrisse BASIS-Typ

Das kombinatorische Prinzip wird im Folgenden anhand des Basis-Typs dargestellt. Die Grundlage hierfür ist die bereits in Kapitel 4.4.1 beschriebene Baugruppensystematik und reicht von den einzelnen Baugruppen-Gebäuden über Gebäudetypologien bis zum städtebaulichen Maßstab.

Die Erschließung wird dabei zum Teil als vorkonfektionierte Baugruppe aufgefasst (Baugruppe-Erschließung, BG-E), so können die Geometrien der Treppenläufe und Aufzüge für die immer gleichen Geschosshöhen bereits festgelegt werden. Der Zuschnitt der Treppenräume und der öffentlichen Erschließungsbereiche aber muss mit der Zusammenstellung der jeweiligen Baugruppe-Gebäude zu den verschiedenen Wohntypologien entwickelt werden – der Erschließungsraum ist, wenn man so will, das Gelenk an den starren Teilen des Systems.

Das Spektrum der Wohnungstypen ist im Umfang des Forschungsprojekts bewusst begrenzt gehalten, kann aber beliebig erweitert werden. Mit dem Bausystem ist es möglich, vielfältige zeitgemäße Wohnlösungen für eine breite Bewohner- und Nutzerstruktur zu schaffen.

Entwurf von Baugruppen-Gebäude mit dem Basis-Typ

Baugruppen Sortenrein (BG-So)

Alle Grundrisse des Basis-Typs können selbstverständlich als sortenreine Baugruppen übereinandergestapelt angeordnet werden. Hier entstehen Einzelbausteine, die in Reihe geschaltet mit einer entsprechenden linearen Erschließungsstruktur funktionieren, vgl. Abbildung 44.



Abbildung 44 Sortenreine Baugruppen-Gebäude

Baugruppen Sortenrein-Gemischt (BG-Sog)

Sortenrein – gemischte Baugruppen werden durch die Addition zweier Basistypen erstellt. In Abbildung 45 wird der Basis-Typ der 1 Zimmerwohnung um 90° gedreht und zu einer größeren Wohnung addiert. Bei BG-Sog 1 müssen die Lage der Zugangstür, die Fensteranordnung und die Möblierung angepasst werden. Für BG-Sog 2 ist die Belichtungsmöglichkeit ‚über Eck‘ die Voraussetzung.



Abbildung 45 Sortenrein - Gemischte Baugruppen-Gebäude

Baugruppe Nicht-Sortenrein-Gemischt (BG-NSo)

Anders als die sortenreinen oder sortenrein-gemischten Baugruppen-Gebäude, sind die nicht sortenreingemischten Baugruppen-Gebäude so konzipiert, dass sie über die Geschosse eine vertikal gemischte Anordnung von Wohnungen haben. Hierzu wurden 1, 2 und 3 Zimmer Basis-Typen entwickelt, die in der Addition größere, teilbare Wohnungen ergeben oder untereinander mischbar sind. Die 5-Zimmerwohnung der Baugruppe BG-NSo 1 besteht aus einer 2 und 3-Zimmer Wohnung. Die Wohnungstrennwand ist an der entsprechenden Position mit erforderlicher Dimension bereits vorgesehen, so dass diese sehr leicht geteilt werden kann. In der Folge ist allerdings die Flächenvorgabe gemäß den Förderrichtlinien nicht zu halten. Bei Baugruppe BG-NSo 2 werden zwei 2 Zimmer Basis-Typen mit einem 1 Zimmer Basistypen so addiert, dass diese im nächsten Geschoss mit zwei 3-Zimmerwohnungen mischbar sind. Hierdurch kann der Wohnungsmix variabler gestaltet und in Nachhinein noch angepasst werden.

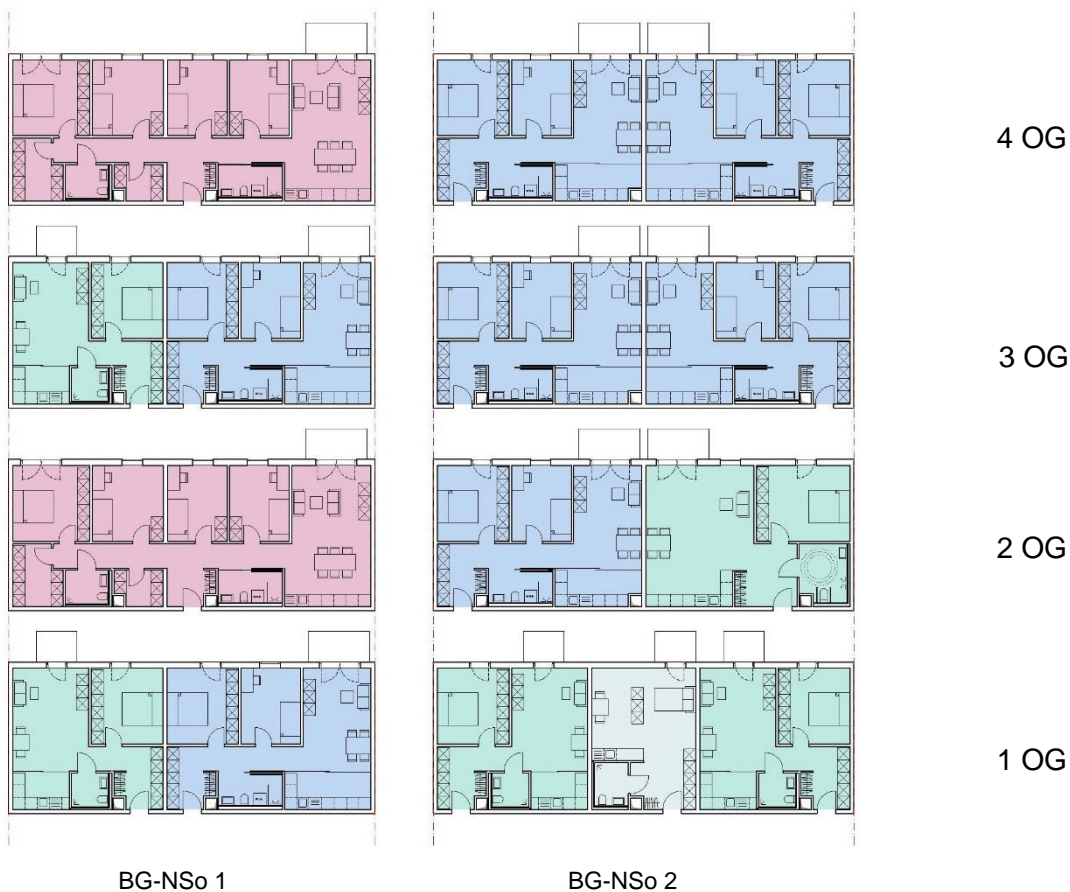


Abbildung 46 Nicht-Sortenreine Baugruppen

5.2.3 Variabilität einer baugruppenorientierten Planung mit Flächenelementen

Im Folgenden wird nachgewiesen, wie mit einer sehr kleinen Auswahl an Typengrundrissen die Bildung von mehreren Baugruppen und damit die Erzeugung verschiedener Typologien möglich ist. Hierzu werden zwei Szenarien aufgestellt:

Anwendungsfall 1: Gleiche Baugruppen zur Erzeugung verschiedener Typologien

Es werden 4 der im Kapitel 5.2.2 beschriebenen Baugruppen-Gebäude ausgewählt:

- BG-So 3
- BG-Sog 2
- BG-NSo 1
- BG-NSo 2

Typologie Punkthaus:

Punkthaus 1:

Durch die vertikale Kombination der nicht sortenrein-gemischten Baugruppen BG-NSo1 und BG-NSo2 ergibt sich beispielsweise der Wohnungsmix 4x 1-Zi, 4x 2-Zi, 1x 2-Zi (R), 7x 3-Zi, 8x 4-Zi, 2x 5-Zi



Abbildung 47 Punkthaus 1

Punkthaus 2

In diesem Beispiel verringert sich die Variabilität, da lediglich 2 verschiedene Baugruppenvorgesehen werden.

Wohnungsmix: 2x 2-Zi (R), 10x 3-Zi, 8x 4-Zi, 4x 5-Zi

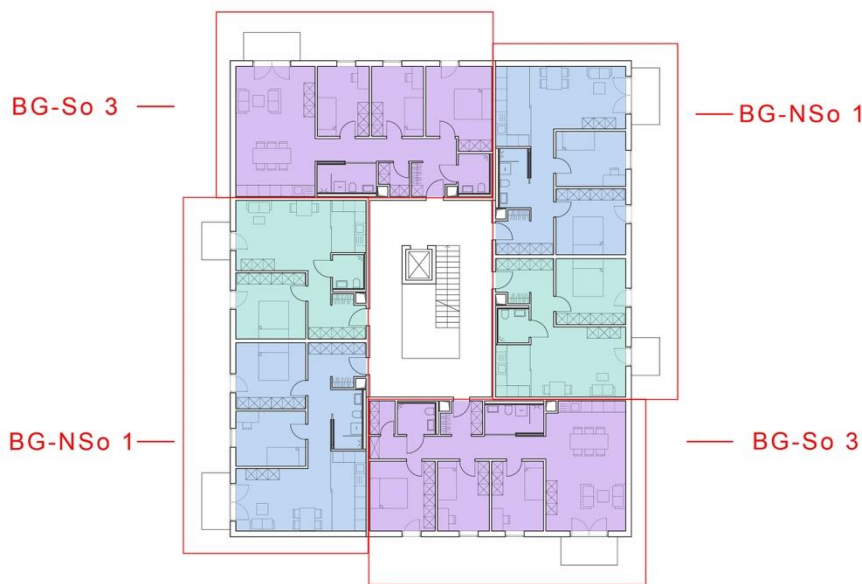


Abbildung 48 Punkthaus 2

Typologie Spänner:

Auf Grund der gleichen Tiefen der Basisgrundrisse sind Spännertypen vorzugsweise durch die Kombination von Wohnungen nicht identischer Zimmerzahl zusammenzufügen. Durch die unterschiedliche Längenausdehnung der Baugruppen bleibt so die Wohnung erschließbar – vergleiche Spännertyp 1, Abbildung 49. Durch die Adaption des Eingangsbereiches der Basisconfiguration können aber auch gleiche Baugruppen miteinander zu einem Spännertyp kombiniert werden - Abbildung 50, Spänner 2.

Spänner 1:

Wohnungsmix: 4x 1-Zi, 2x 2-Zi, 10x 3-Zi, 4x 4-Zi, 2x 5-Zi



Abbildung 49 Spänner 1

Spänner 2:

Wohnungsmix: 2x 2-Zi, 14x 3-Zi, 2x 5-Zi



Abbildung 50 Spänner 2

Kombination aus Spänner- und Laubengangtyp:

Eine Kombination aus Spänner und Laubengangtyp erreicht man durch die Setzung des Treppenhauses an der Innenecke. Die Typologie eignet sich für Ausbildung von Ecksituationen ohne spezielle Sondertypen z.B. bei einer Blockrandbebauung.

Wohnungsmix: 4x 1-Zi, 4x 2-Zi, 1x 2-Zi (Rollstuhl), 11x 3-Zi, 4x 4-Zi, 2x 5-Zi



Abbildung 51 Spänner-Laubengang

Durch den Einsatz von nicht sortenrein- gemischten Baugruppen erhöht sich die Flexibilität und Anpassbarkeit des Wohnungsmixes auch in kleineren Einheiten.

Anwendungsfall 2: Wohnungsmix entsprechend dem Referenzgebäude Regelfall in verschiedenen Typologien umgesetzt

Referenzgebäude Ausstattungsstandard Regelfall, Ausgangstypologie Mittelflurtyp

Im Referenzgebäude (Ausstattungsstandard Regelfall) wird versucht den vorgegebenen Wohnungsmix von 5% 1- Zimmer, 25% 2- Zimmer, 40% 3- Zimmer, 20% 4- Zimmer und 10% 5- Zimmer Wohnungen in einem Gebäude umzusetzen. Aufgrund der Auflösung ist dieser nicht exakt erreichbar, aber nahezu erzielt worden. Dieser ideale Wohnungsmix ist Ausgangslage für alle weiteren untersuchten Typologien.

Wohnungsmix: 2x 1-Zi, 8x 2-Zi, 1x 2-Zi (R), 15x 3-Zi, 8x 4-Zi, 4x 5-Zi

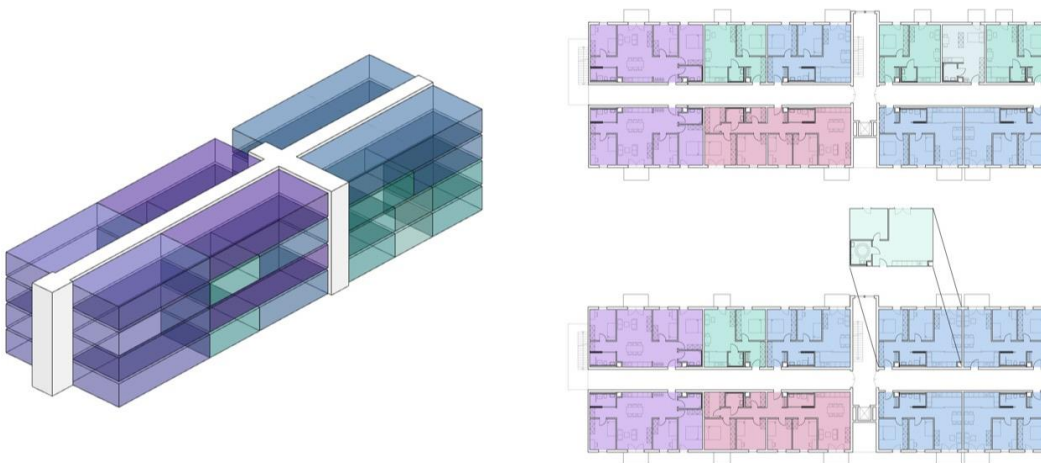


Abbildung 52 links: dreidimensionale Darstellung; rechts 1. OG, 2.-4. OG

Punkthaus

Wohnungsmix: 2x 1-Zi, 8x 2-Zi, 1x 2-Zi (R), 15x 3-Zi, 8x 4-Zi, 4x 5-Zi

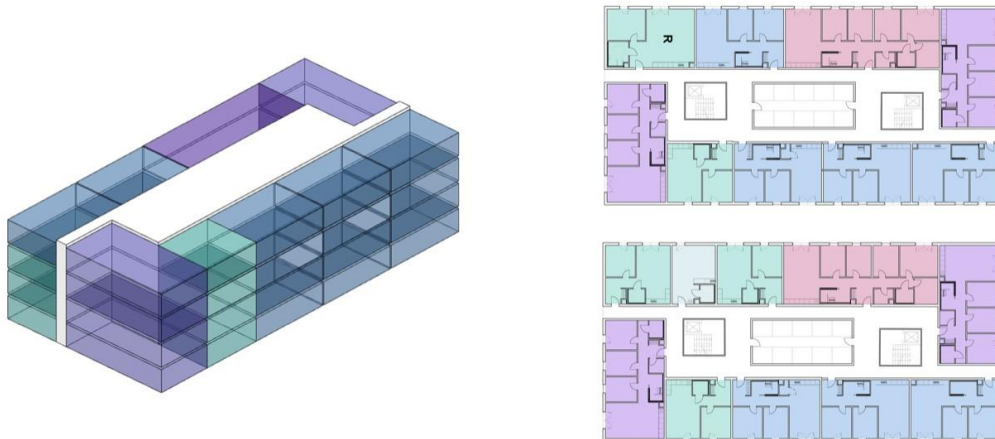


Abbildung 53 links: dreidimensionale Darstellung; rechts: 1./2. OG, 3./4. OG

Laubengang-Spänner-Kombination

Wohnungsmix: 4x 1-Zi, 4x 2-Zi, 1x 2-Zi (R), 15x 3-Zi, 8x 4-Zi, 4x 5-Zi

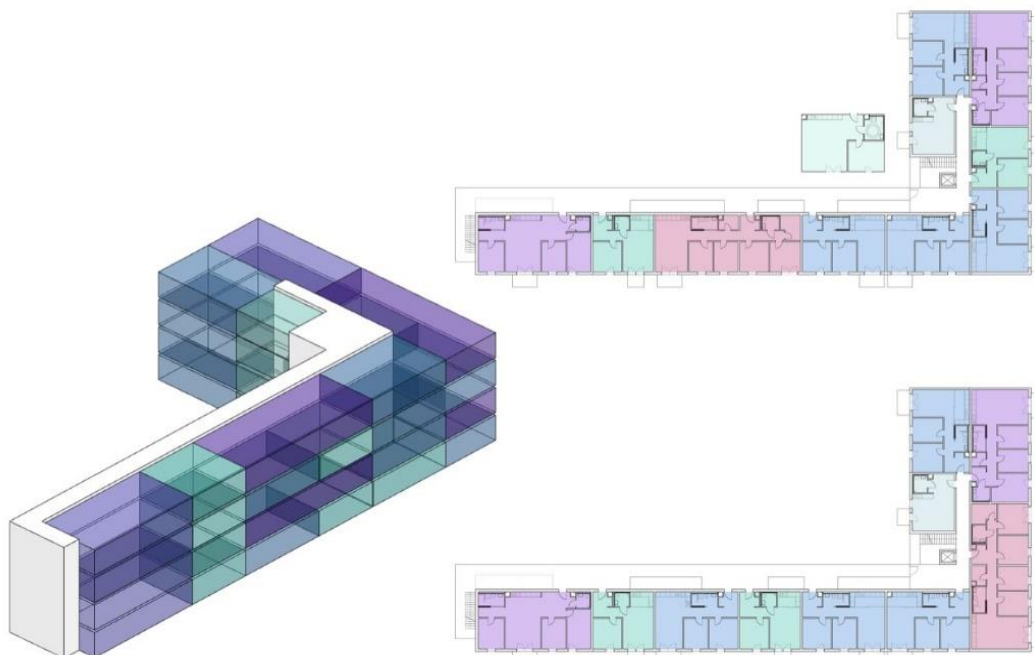


Abbildung 54 links: dreidimensionale Darstellung; rechts: 1.+ 3.OG, 2.+ 4. OG

Spänner

Wohnungsmix: 4x 1-Zi, 12x 2-Zi, 1x 2-Zi (R), 15x 3-Zi, 8x 4-Zi, 4x 5-Zi

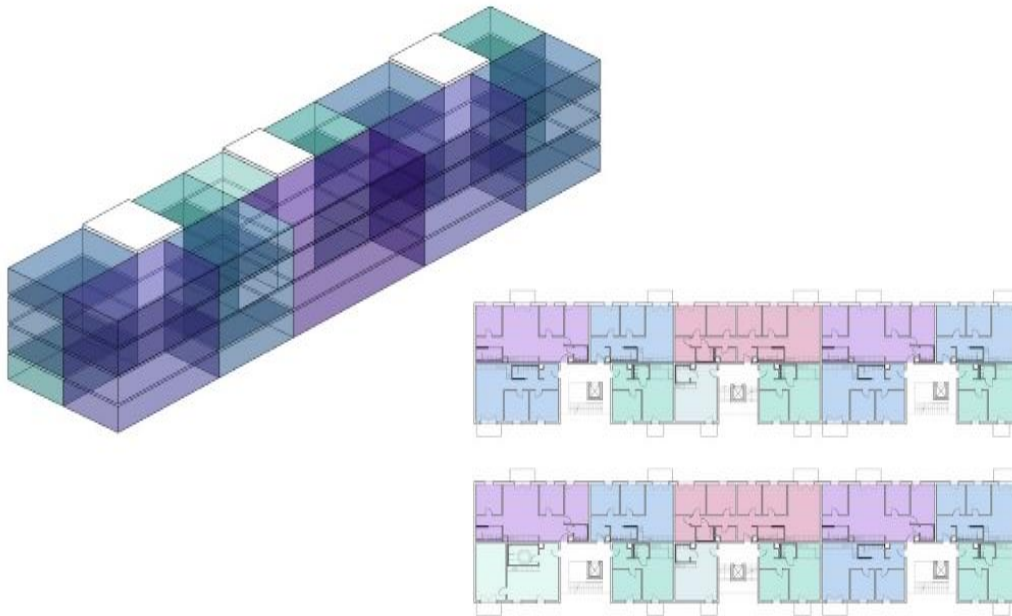


Abbildung 55 links: dreidimensionale Darstellung; rechts: 1.OG, 2.-4. OG

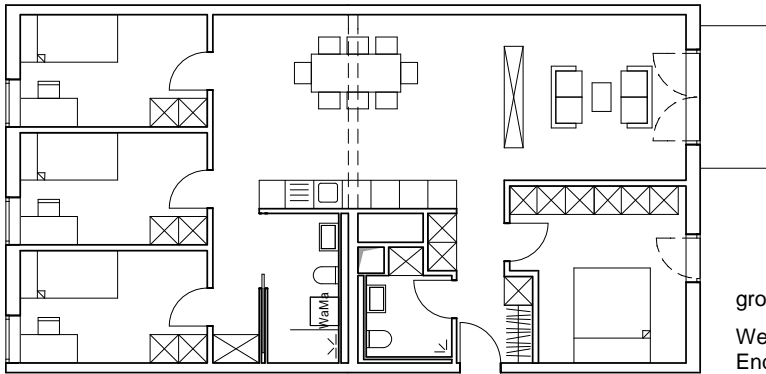
Höhere Flexibilität und Variantenvielfalt wird durch die Weiterentwicklung des BASIS-Typs generiert (siehe Grundrisskatalog im Anhang E):

- Mischung Regel- und Suffizienz-Grundrisse
- Anpassung der Maße
- Änderung der Grundrisseinteilung (Loftwohnen)
- Entwicklung in die dritte Dimension (Maisonetten)

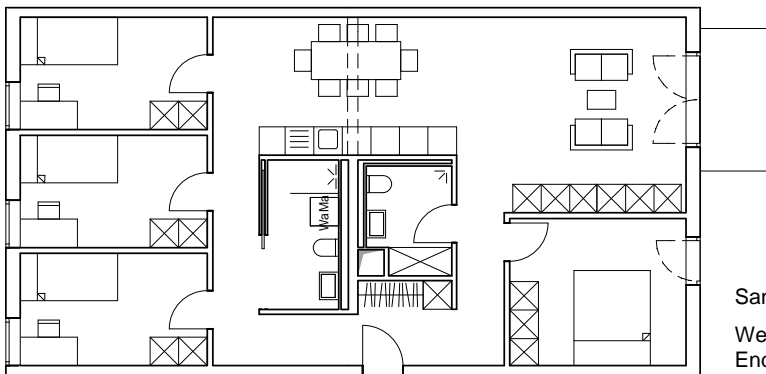
So können Wohnungen unterschiedlicher Art und Größe horizontal und vertikal kombiniert werden, so dass innerhalb eines Wohnhauses unterschiedliche Lebensformen – z.B. „Jung und Alt“, „betreutes Wohnen“, „Wohnen und Arbeiten“ etc. möglich werden.



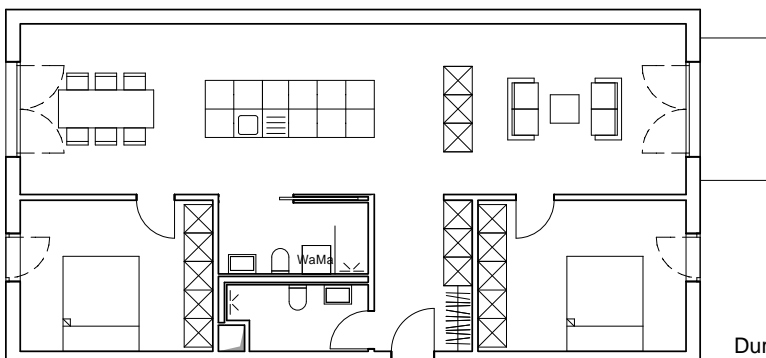
Abbildung 56 Sondertyp „Durchgestecktes Wohnen (mit Unterzug)“, rechts: Kombination BASIS-Grundrisse mit Mikro



großzügiger Wohn- Essbereich
Wegen Belichtung nur als
Endtyp geeignet



Sanitärzone als freigestellter Kern
Wegen Belichtung nur als
Endtyp geeignet



Durchgesteckter Wohn- Essbereich

Abbildung 57 Sondertyp „Durchgestecktes Wohnen in Varianten

5.2.4 Entwicklung von additiven Architekturelementen

Um die Akzeptanz und Langlebigkeit von Gebäuden zu maximieren, ist es unerlässlich, auch bezüglich des Erscheinungsbildes eine hohe architektonische Qualität anzustreben. Eine Neuauflage des standardisierten, elementierten Bauens als ‚Platte 2.0‘ muss dabei in jedem Fall vermieden werden, um den im Kapitel 2.3 behandelten Vorbehalten gegen das serielle und industrielle Bauen vorzubeugen.

Rahmenbedingung für die architektonische Gestaltung

Vorfertigung

Ein essentieller Punkt des industriellen Bauens ist die Produktion im Werk mit maximalem Vorfertigungsgrad. Sowohl für die Fertigungsqualität, wie auch die Geschwindigkeit auf der Baustelle ist dieser von höchster Bedeutung und reicht im Idealfall bis zur fix fertigen Montage der Fassadenbekleidung, bereits vormontierten Sonnenschutzeinrichtungen, oder bis zur Ausbildung von Stoßpunkten der Außenwandelemente, die vor Ort nur noch minimal nachzuarbeiten sind. Je weniger Handgriffe auf der Baustelle erfolgen müssen, desto schneller und wirtschaftlicher kann gebaut werden. Entscheidungen für Elementgrößen, den Vorfertigungsgrad, Detailpunkte im Stoß bis hin zur Wahl des Fassadenmaterials sind hier maßgeblich durch die Rahmenbedingungen eines sicheren, beschädigungsfreien Transports auf die Baustelle bestimmt.

Hinsichtlich der Gestaltung verlangt das Bauen mit vorgefertigten Elementen besonderes Augenmerk für den Umgang mit Fügepunkten. Je weiter ein Bau vorgefertigt ist, desto größer sind die Einschränkungen der gestalterischen Freiheiten bzw. desto anspruchsvoller ist der Umgang mit den Fügepunkten. Wird z.B. eine Montage der Fassadenbekleidung im Werk angestrebt, können beispielsweise Rollladen- oder Sonnenschutzkästen nur mit erhöhtem Transportaufwand hinter einem Fassadenstoß angeordnet werden.

Fenstergrößen

Das untersuchte Holztafelbausystem setzt zunächst enge Grenzen für Größe von Fensteröffnungen. In den tragenden Außenwänden müssen für die Fensteröffnungen Stürze vorgesehen werden. Für die abzutragenden Lasten und die Notwendigkeit der Integration des Sonnenschutzes (Maßgabe ist hier die Größe eines Rollladenpanzers) in die Fassadenelemente, bietet sich Furnierschichtholz als kostengünstiges, auf die Produktionsmöglichkeiten abgestimmtes Material für den Sturz an. Die möglichen Fensterbreiten sind damit allerdings auf etwa 1,40 m Breite bei einer Sturzhöhe von ca.

38 cm limitiert. Dies schränkt sowohl die gestalterischen Freiheiten als auch die Möglichkeit der Belichtung in die Tiefe der Räume ein. Durch Anpassung der Ausführung des Sturzes und der Lage und Ausführung des Sonnenschutzes können hier Optimierungen vorgenommen werden, welche aber wiederum zu höheren Kosten führen.

Fassadenbekleidung

Die Wahl des Fassadenmaterials ist beim Bauen mit Holztafelbauelementen generell sehr offen. Die Ausführung ist sowohl als hinterlüftete Fassade mit verschiedensten Bekleidungsmaterialien oder in einer kostenoptimierten Variante auch als kompakte, verputzte Wärmedämmverbundfassade möglich. Zu beachten sind natürlich die Brandschutzabforderungen für die höheren Gebäudeklassen, die entsprechend die Wahl brennbarer Bekleidungen einschränken und abgestimmte Bauausführungen bedingen. Für eine maximale Vorfertigung im Werk ist - wie bereits beschrieben - die Wahl eines entsprechend robusten Baustoffes als Bekleidung sinnvoll und vorteilhaft. Bei empfindlicheren Materialien empfiehlt sich die Montage auf der Baustelle, um Transportschäden entsprechend zu vermeiden. Dies geht mit längeren Bau- und Gerüststandzeiten einher und hat dementsprechend terminliche und wirtschaftliche Nachteile.



Abbildung 57 Fassadenvarianten

Additive Bauteile

Wie in Abbildung 58 gezeigt, können die additiven Bauteile (Baugruppen-Anbau, BG-A) prinzipiell typologisch in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- Einzelbalkon
- durchgehende Balkonzone / Laubengang
- Balkonkubus
- eingeschnittener Balkon / Loggia

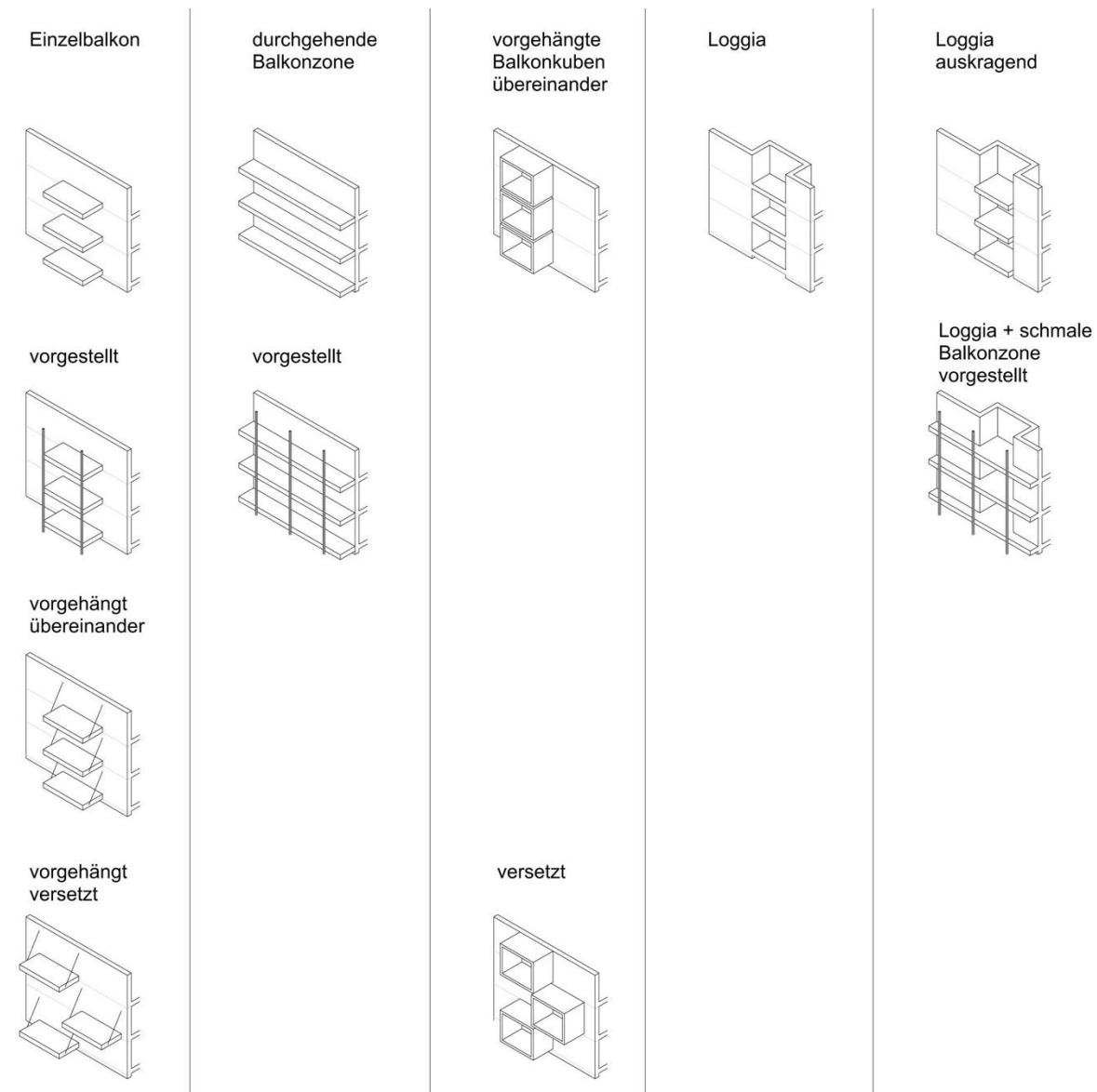


Abbildung 58 Balkontypologien

Die Ausführung von Balkonen als aufwendig thermisch getrennte Kragplatten ist im Bausystem mit seinen tragenden Innen- und Außenwänden in Holztafelbauweise und aufgelegten, schlaff bewehrten Stahlbetonhohlplattendecke zwar grundsätzlich technisch machbar, aus wirtschaftlichen Gründen aber für kostenoptimiertes Bauen nicht wirklich sinnvoll einsetzbar. Laubengänge oder durchgehende Balkonzonen können daher nur als vorgestellte Konstruktionen mit zumindest einseitig eigener Lastabtragung ausgeführt werden. Bei Einzelbalkonen besteht die Möglichkeit diese entweder an punktuell verstärkten Außenwandelementen anzuhängen oder ebenso autark vor die Fassade zu stellen. Ähnliches gilt für Balkonkuben, die vor der Fassade gestapelt oder an diese gehängt werden. Für die Wahl des Typs der angefügten Bauteile ist neben architektonisch gestalterischen, wirtschaftlichen auch die Grundrissdisposition ausschlaggebend. Sortenreine Stapelung von Baugruppen ermöglicht vorgestellte Balkone, da die immer gleichen Grundrisse sich über die Geschosse wiederholen. Nicht sortenreine Baugruppen oder spiegelbare Baugruppen hingegen bedingen angehängte Systeme, da die Balkonzonen nicht direkt übereinanderliegen und so nicht aufeinander ablasten können.

Neben addierten Bauteilen ist es wie im konventionellen Bauen möglich Loggien anzubieten. Betonfertigteile können dabei unabhängig von den inneren Deckenfertigteilen dreiseitig auf die Außenwände im Rücksprung des Gebäudevolumens aufgelegt werden. Auch hier ist die sortenreine Stapelung der Grundrisse eine Voraussetzung. Die im Vergleich längere Fassadenabwicklung und die vermehrte Ausbildung von komplexeren Eckpunkten und Anschlüssen führen neben energetischen Nachteilen auch zu höheren Kosten als bei einer kompakten Bauweise.

Betrachtet man die konstruktiven Zusammenhänge, so spielt vor allem bei angehängten Einzelbalkonen die Art der Brüstung eine weitere wichtige Rolle. Blickdurchlässige Brüstungen wie Staketengeländer oder Glasbrüstungen können nicht als tragendes Element herangezogen werden. Die Balkonplatte muss aus diesem Grund über ein sichtbares Zugelement an die Fassade rückverankert werden. Bei kleineren Balkonen mit geschlossenen Brüstungen kann dieser als Trog ausgeführt und an die entsprechend verstärkte Unterkonstruktion angehängt werden. Die größere Höhe der Seitenwände führt dabei zu einer günstigeren statischen Situation, welche größere Dimensionen von Balkonen zulässt (vgl. Abbildung 59) aber auch entsprechende Kosten für die die komplexere Ausführung nach sich zieht.

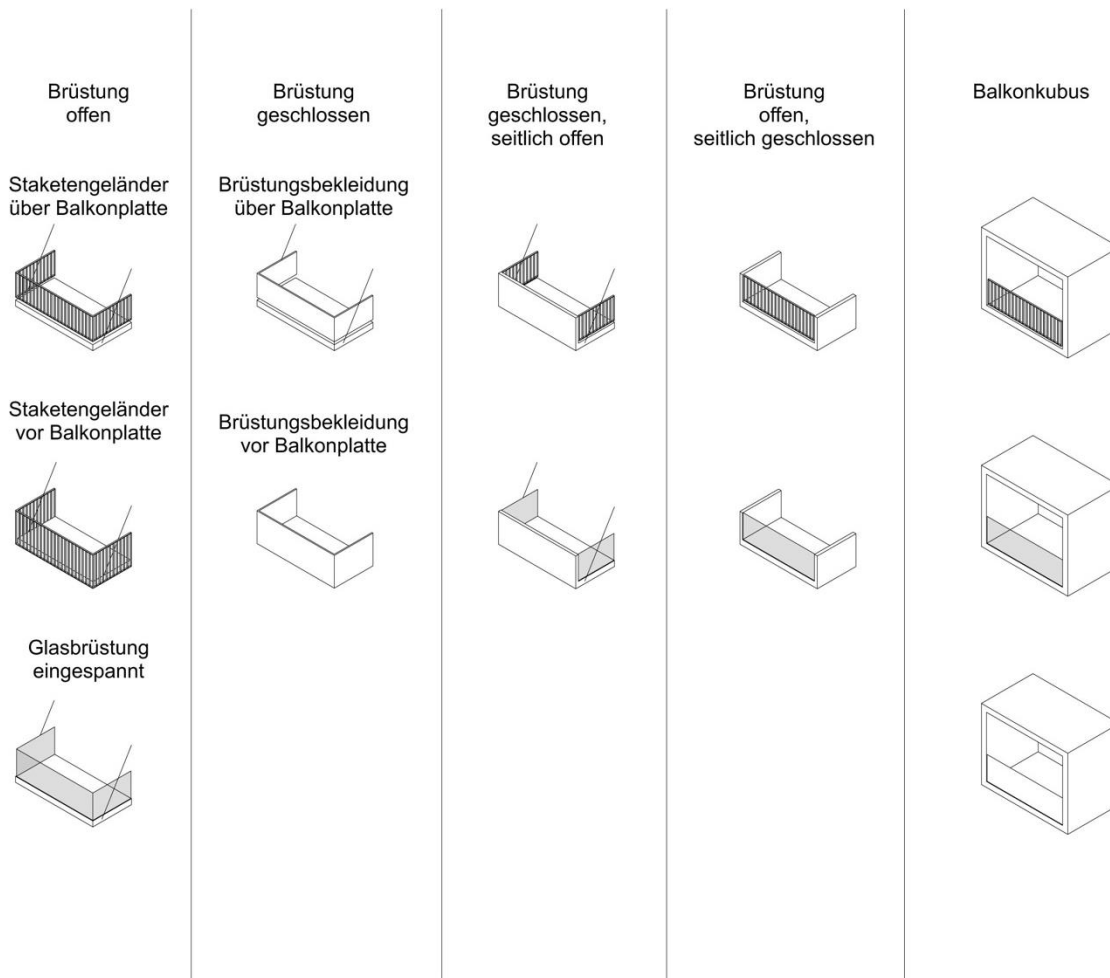


Abbildung 59 Balkon Brüstungsführungen

Für einen robusten Gestaltungsansatz wird eine möglichst geringe Anzahl an Öffnungsproportionen empfohlen. Daneben prägen die konstruktiven Voraussetzungen, die Materialwahl sowie die Ausformulierung des Freisitzes den architektonischen Ausdruck des Gebäudes und hängen dabei stark von wirtschaftlichen Überlegungen ab. Die Einschränkung der konstruktiven Möglichkeiten bei Ausführung der kostengünstigen Standardsturzlösung wird beispielhaft gestalterisch untersucht. Neben der geringen Breite der Fensteröffnungen von etwa 1,40 m ist auch die Setzung der Fenster nicht beliebig möglich. Die Rohbauöffnungen der Einzelfenster müssen einen Abstand von min. 60 cm aufweisen, um die Lasten durchzuleiten. Über die Geschosse verteilte Fenster benötigen hier min 30 cm. Die Abbildung 60 und Abbildung 61 zeigen aber, dass sich trotz des engen Korsetts nicht zwingend eine monotone Erscheinung des Gebäudes einstellt. Die aufgezeigten Varianten gehen dabei von maximaler Vorfertigung bis zur Fassadenbekleidung aus, Elementstöße sind also Teil der Gestaltung.

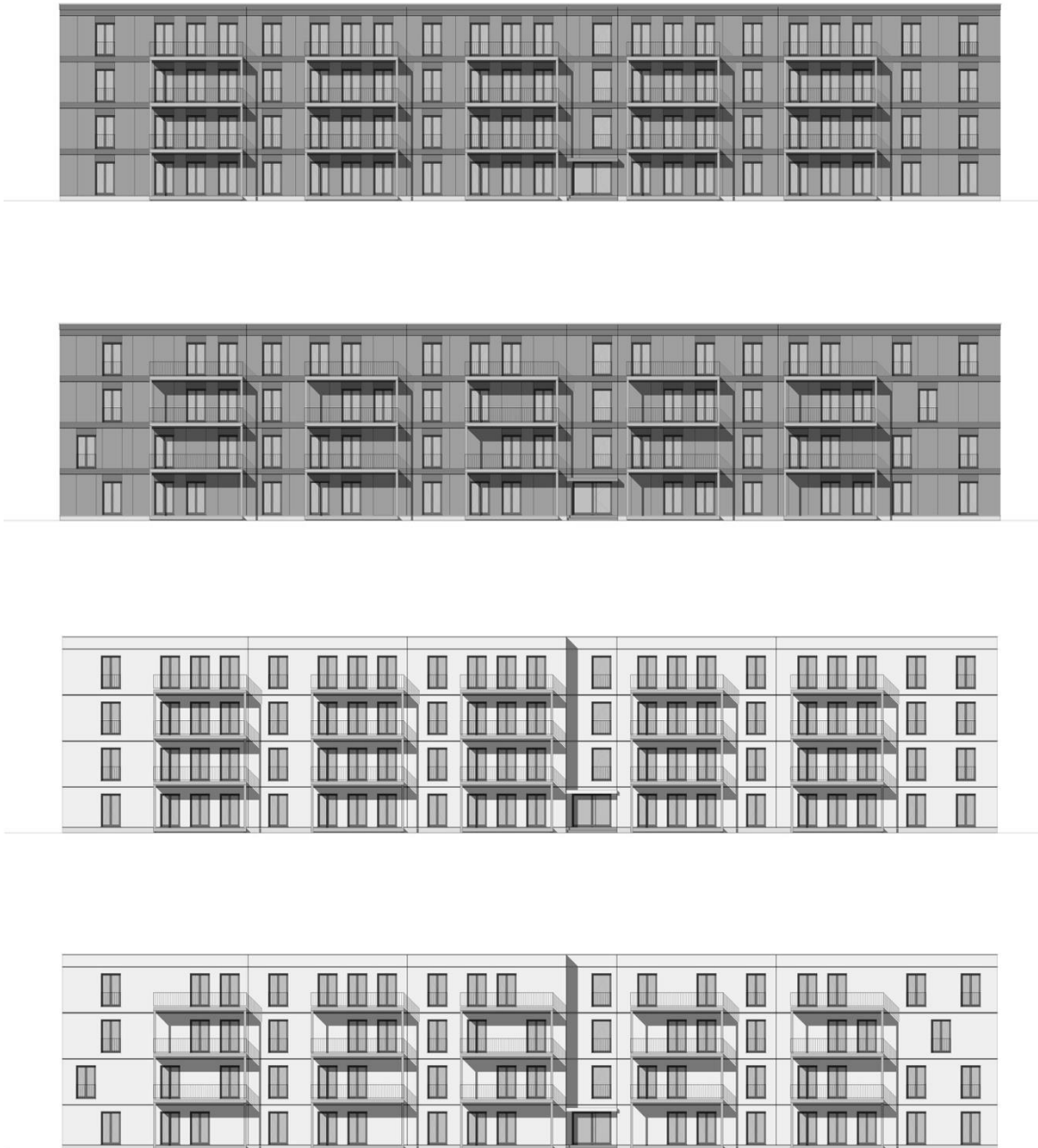


Abbildung 60 Varianten der Fassadenlinie mit bodentiefen Fenstern und Plattenbekleidung bzw. Putzfassade

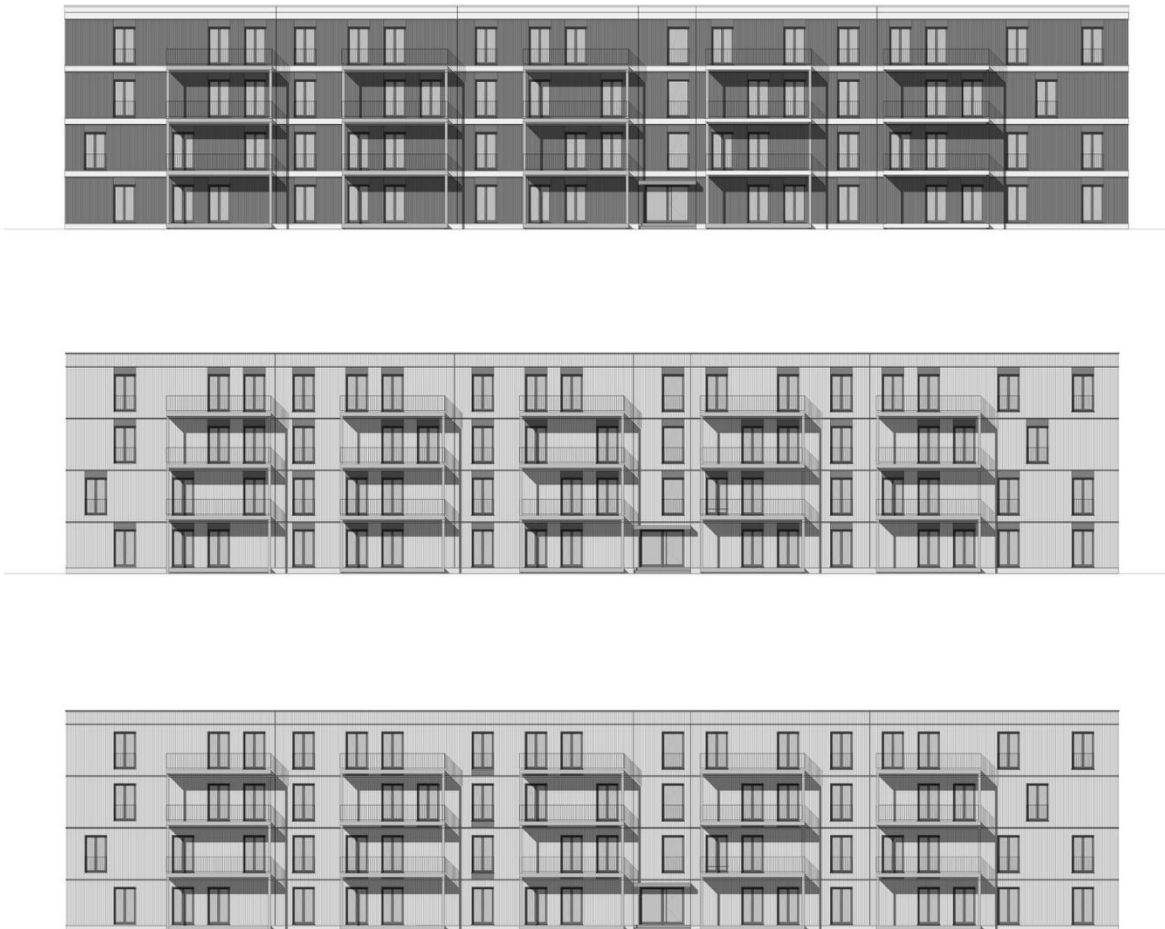


Abbildung 61 Varianten der Fassadenlinie mit bodentiefen Fenstern und Holzbekleidung

5.2.5 Fazit Baugruppensystematik

Generell bietet das Bauen mit industriell vorproduzierten Elementen mit maximiertem Vor-fertigungsgrad erhebliche Vorteile in puncto Bauqualität und Bauzeiten gegenüber konventionellen, gewerkeweise organisierten Baustellen, bei denen das Gebäude ‚Stein auf Stein‘ vor Ort aufgerichtet wird.

Weiter zeigt die vorstehende Untersuchung der Baugruppensystematik, dass mit einer kleinen Anzahl an vorgedachten Grundrisstypen für 1-5 Zimmerwohnungen (BG-W) sowohl eine große Varianz an Wohntypologien erreicht werden kann, als auch der Wohnungsmix variabel darstellbar ist. Dies bietet dem Planer ein Werkzeug, mit dem er sehr schnell auf ein Entwurfsergebnis mit gesicherten Baukosten kommt. In der Grundrissentwicklung zeigen sich jedoch Grenzen durch die festgesetzten Typenbäder und der Verknüpfung von Küche und Bad an einem Schacht. Dies hat zur Konsequenz, dass Eingangsbereich und Küche meist nicht sinnvoll kombinierbar sind und so z.T. lange Flure entstehen. Die nicht sortenreine Baugruppe mit der 5-Zimmerwohnung als Zusammenschluss einer

2- und 3-Zimmerwohnung führt dazu, dass die förderfähige Maximalgröße für die 5-Zimmerwohnung nicht für alle Bundesländer einzuhalten ist. Würde man diese Parameter nicht ansetzen, ließe die Variabilität des Bausystems es in jedem Fall zu Anpassungen vorzunehmen. Damit würde man jedoch wieder einen Schritt zurück zum konventionellen Planen gehen.

Die teils starren Konfigurationen der Baugruppen-Gebäude sind für kleine, schwierig geschnittene Grundstücke nur sehr eingeschränkt einsetzbar. Das Bausystem wäre aber ausreichend variabel, um für Einzelfälle entsprechende Passstücke zu produzieren.

Das Bauen mit vorkonfektionierten und weitestgehend vorgefertigten Baugruppen spiegelt sich in einer speziellen Ästhetik wieder, die der Logik des Konstruierens folgt. Die Fügung der Bauteile bestimmt dabei das Erscheinungsbild der Gebäude, was sich bei entsprechendem Umgang mit dem Thema aber keinesfalls nachteilig oder etwa monoton auswirkt. Da aber bis dato weder für Raum- noch Fassadengestaltung Patentrezepte oder funktionierende Algorithmen existieren, liegt das Ergebnis hier noch immer in der Hand des verantwortungsvollen Planers.

5.3 Umsetzung der Baugruppensystematik durch Raummodule als Baugruppe-Typengeschoss (BG-T)

5.3.1 Maßsystematik der Raummodule

Produktions- und Transportbedingungen bestimmen das Maßsystem des Raummoduls. Die Breite des Raummoduls beträgt 3,18 m, womit das geforderte Mindestmaß von ca. 3,00 m bei einem Zimmer möglich ist. Die Länge des Raummoduls ist begrenzt a) durch die Art der Produktionsstraße und b) durch das Gewicht und die Statik.

Es wurden zwei Längenmaße entwickelt, mit denen eine ausreichende Menge an Wohnungsgrößen und Wohnformen hergestellt werden können. Grundlage ist die mögliche Kombinatorik der Raummodule – Modullänge 1 entspricht dabei zweimal der Modulbreite und somit 6,38 m, die Modullänge 2 misst 7,15 m – vgl. Abbildung 62. Raummodul heißt dabei nicht, dass es sich um allseitig geschlossene Zellen handelt. Längswände können entfallen, so dass große Räume bis zu 12 m frei gebildet werden können. Stirnseitig können Fenster und Türen innerhalb eines statisch definierten Felds frei angeordnet werden. Die verschiedenen Wohnungsgrößen setzen sich dabei als Vielfaches der addierten Module, z.B. 3x 6er Modul oder 1x 6er + 2x 7er Modul zusammen.

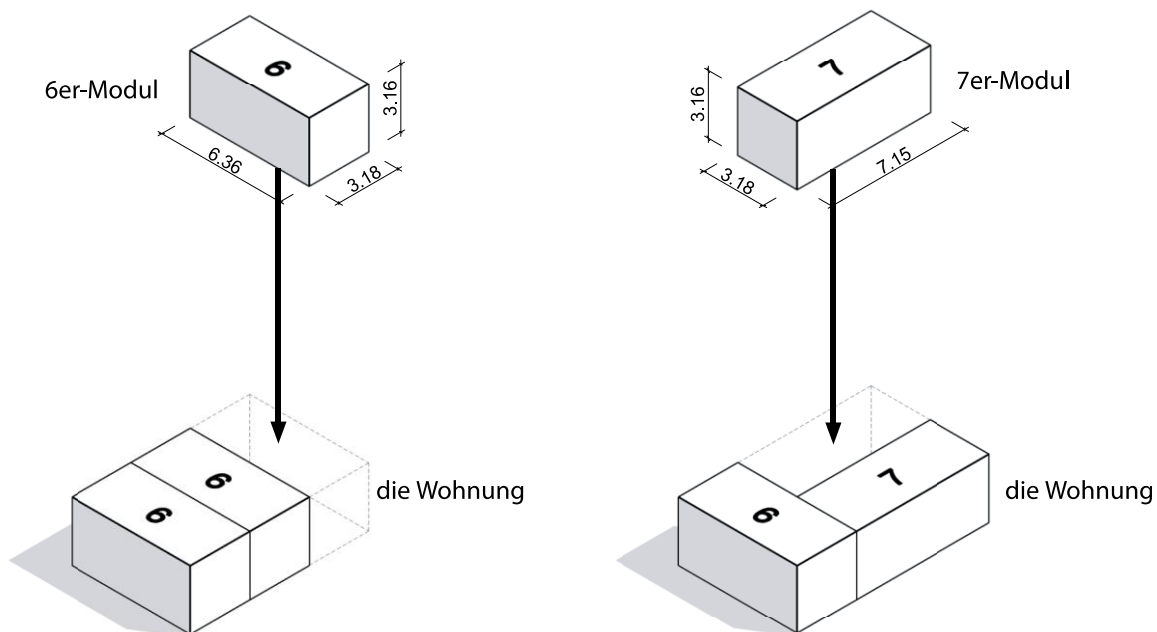


Abbildung 62 Maße der beiden Grundmodule im Bausystem Raummodul - Kombination zur Baugruppe-Wohnung

5.3.2 Entwurf von Typengeschossen

Im Unterschied zum System Flächenelemente, bei dem Baugruppen-Gebäude aus der Kombination von Wohnungseinheiten konfiguriert werden, werden für die Planung mit Raummodulen Baugruppen-Typengeschoss für die gängigen Wohntypologien Mittelflur, Spänner, Laubengang und Punkthaus als nächst größere Einheit nach der Baugruppe-Wohnung definiert, vgl. Abbildung 63.

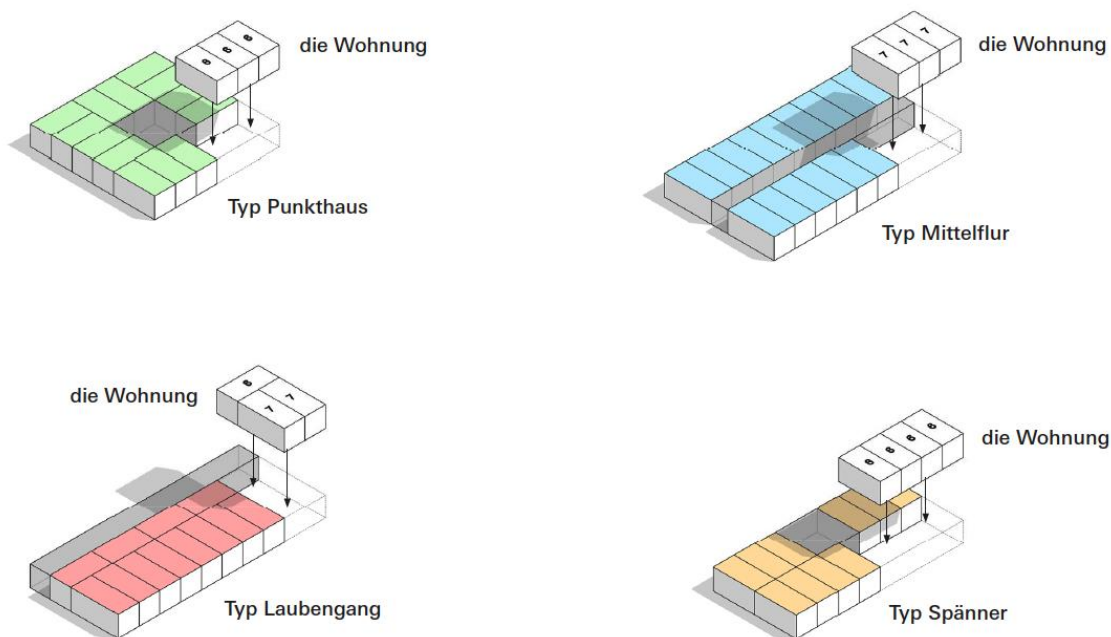


Abbildung 63 Typengeschosse aus Raummodulen

Die Grundlage für die Entwicklung dieser Typengeschosse sind Typengrundrisse und typisierte horizontale und vertikale Erschließungsmodule. Die Grundrisse wurden so entwickelt, dass sie nicht nur den Kriterien des Anforderungskatalogs genügen, sondern auch in Hinblick auf die Typisierung von Geschossen und auf unterschiedliche Wohnformen funktionieren, d.h.:

- Verwendbarkeit gleicher Grundrisse in den unterschiedlichen Gebäudetypologien
- Vielfalt: Für jeden Grundrisstyp gibt es Varianten: Standard barrierefrei; rollstuhlgeeignete Grundrisse; "suffiziente" Grundrisse (Mikrowohnen); "Loft"-Wohnungen (neue Wohnformen) – die Standardausführung ist beispielhaft in Abbildung 64 bis Abbildung 67 dargestellt.

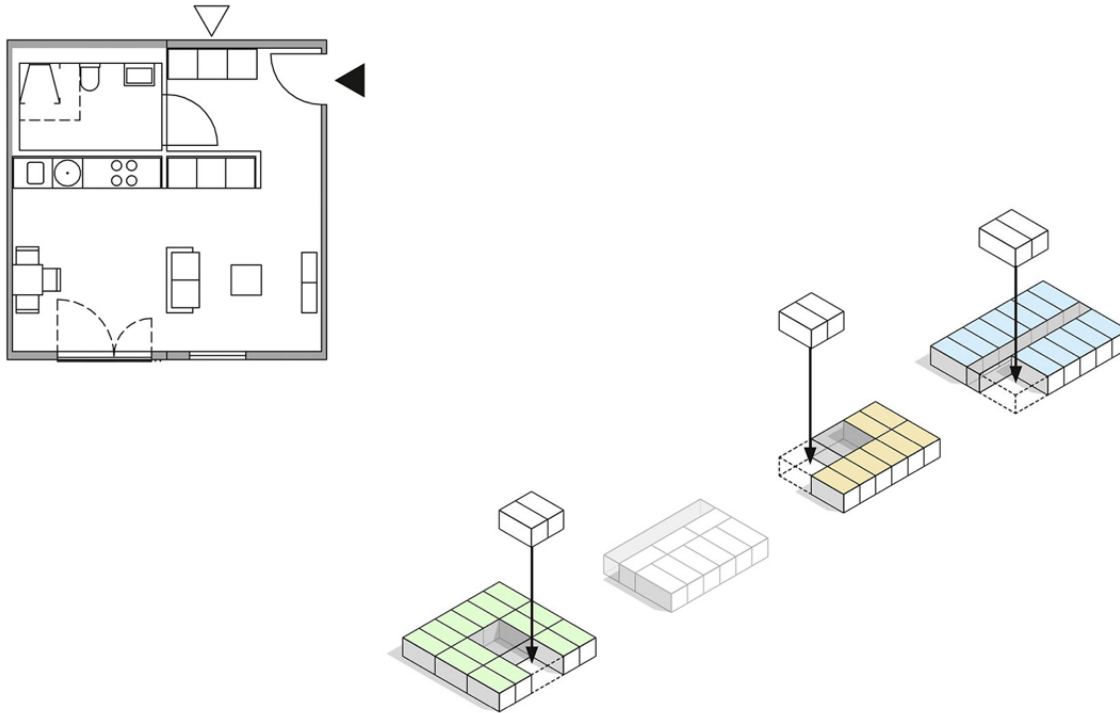


Abbildung 64 1 Zimmer Wohnung, 2 Module

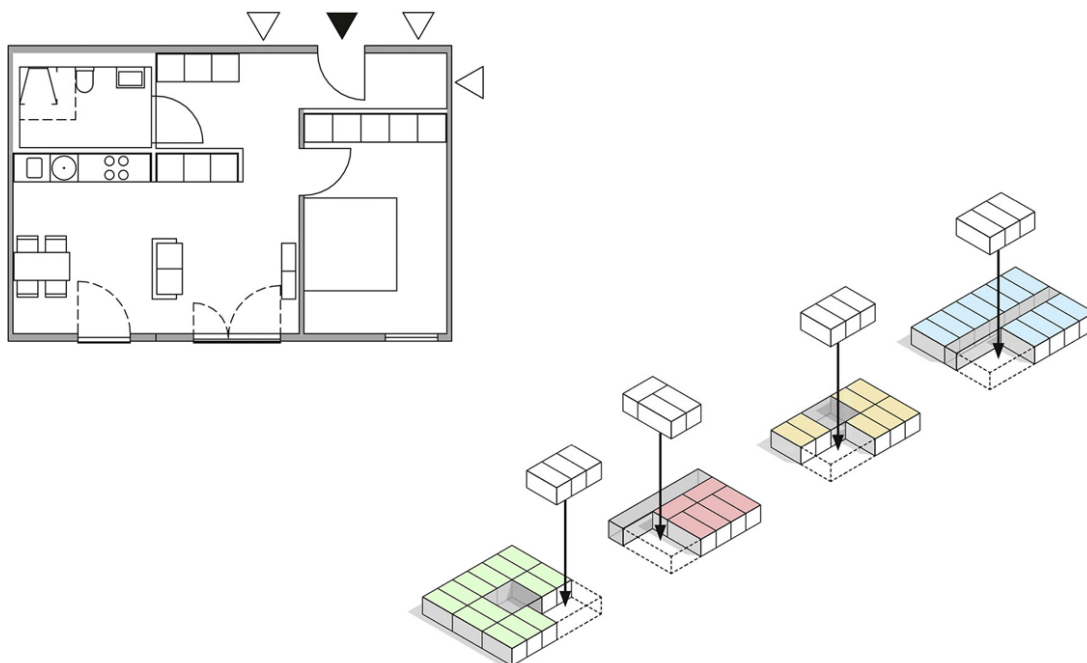


Abbildung 65 2 Zimmer Wohnung, 3 Module

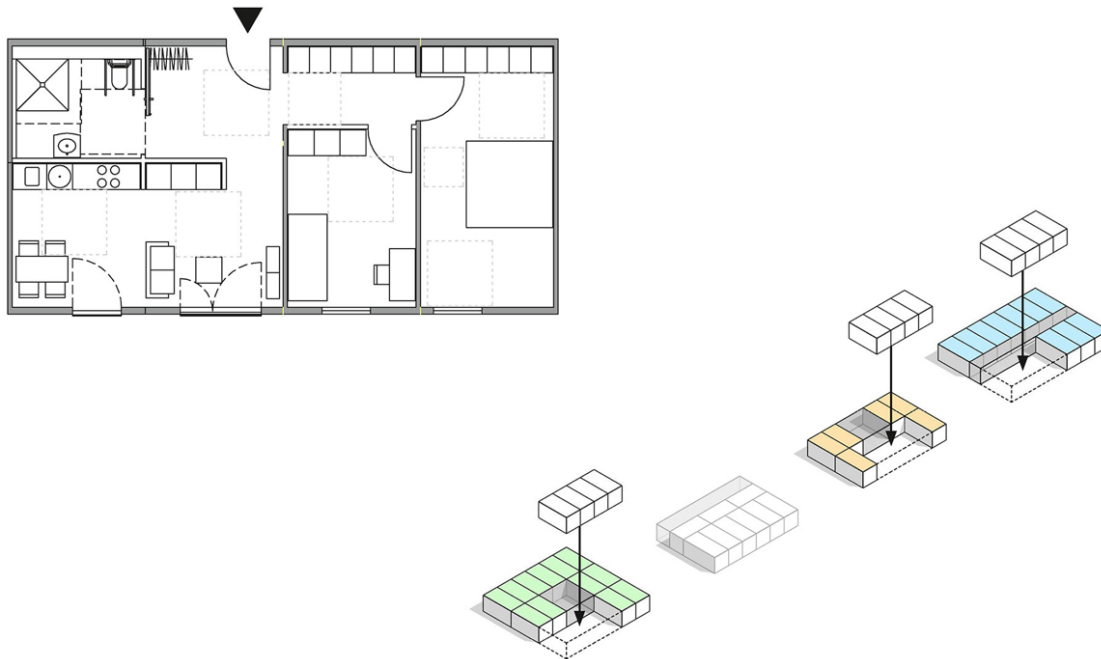


Abbildung 66 3 Zimmer Wohnung, 4 Module

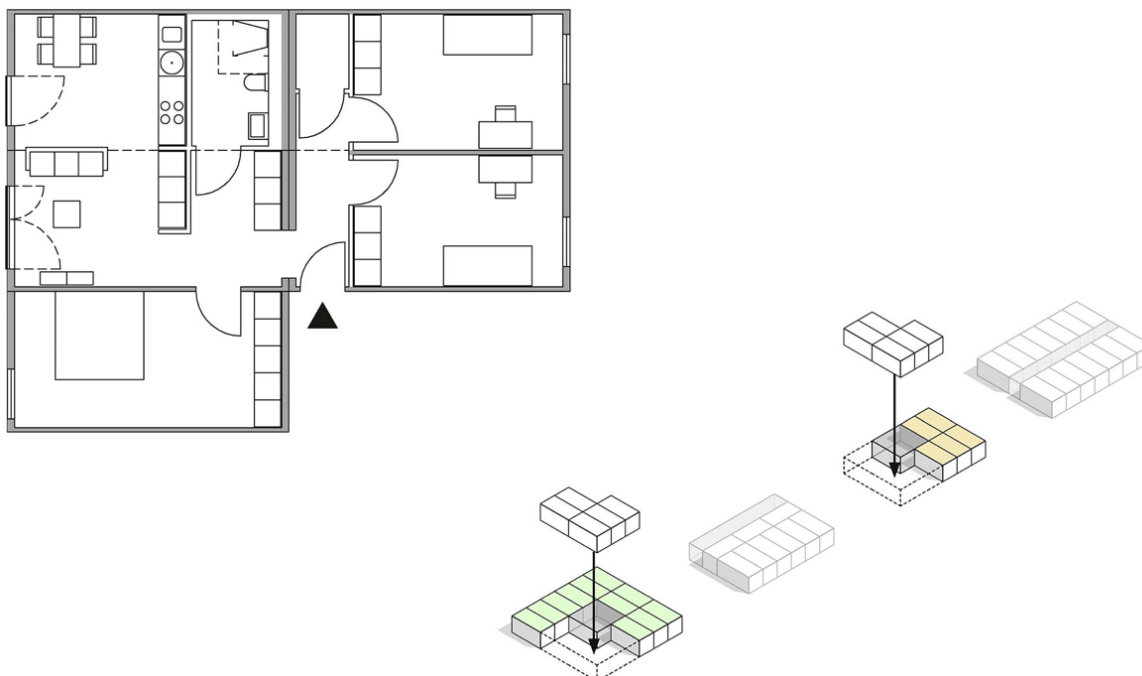


Abbildung 67 4 Zimmer Wohnung, 5 Module

Mit diesen wenigen Typengrundrissen wird bereits zum großen Teil das Standardprogramm des geförderten Wohnungsbaus erfüllt, es bestehen aber auch Optionen für neue Formen des Wohnens.

Dafür wurde eine sogenannte Grundrissmatrix erstellt, ein „offenes“ Kompendium, das sukzessive erweitert und auf die Wünsche der Kunden innerhalb des Maßsystems kooperativ angepasst werden kann. Zentral ist hierbei das Zusammenspiel zwischen dem architektonischen Entwurf und der TGA sowie der Produktion, denn jede Wohnung stellt einen eigenständigen Baustein dar, der auch kalkuliert werden muss. Dieser Baustein kann dann in die jeweiligen Typengeschosse eingesetzt werden, damit läuft bei der Konfigurierung eines Gebäudes die Kalkulation gewissermaßen mit.

Jede Wohnung, die aus mehr als zwei Modulen besteht, hat zwei vertikale Schächte: Einen größeren im Bad für die gesamte Installation und einen kleineren für die Küchen.

So gesehen bietet das Konzept „Raummodul“ die Basis für die kontinuierliche systemische, d.h. kosteneffiziente Fortentwicklung des sozialen Wohnungsbaus.

In der Addition unterschiedlich großer Wohnungseinheiten wird schließlich ein Typengeschoss zusammengesetzt. Das Ergebnis ist dabei ein funktional, technisch und baurechtlich in sich abgestimmter Planungsbaustein für die gängigen Wohntypologien.

Werden Typengeschosse vertikal kombiniert, so entstehen wiederum Baugruppen-Gebäude, allerdings in diesem Fall bereits aus Baugruppen-Typengeschoss und nicht aus den kleineren Einheiten der Baugruppe-Wohnung generiert. Daraus entsteht für einen e Planer in der Gebäude-Konfiguration zunächst eine etwas geringere Flexibilität, jedoch kann die TGA-Planung in den Typengeschossen noch weiter komplettiert werden und die Anzahl der Schnittstellen in den Geschossen (z.B. Wohnungstrennwände) reduziert sich. Die Konfiguration ist dadurch weiter vereinfacht.

Städtebauliche Konfigurationen

Auf Basis von Typengeschossen können Gebäude, und mit diesen typische städtebauliche Konfigurationen generiert werden, vgl. Abbildung 68. Der Kontext und die Anforderungen des Standorts sind dabei immer zu beachten.

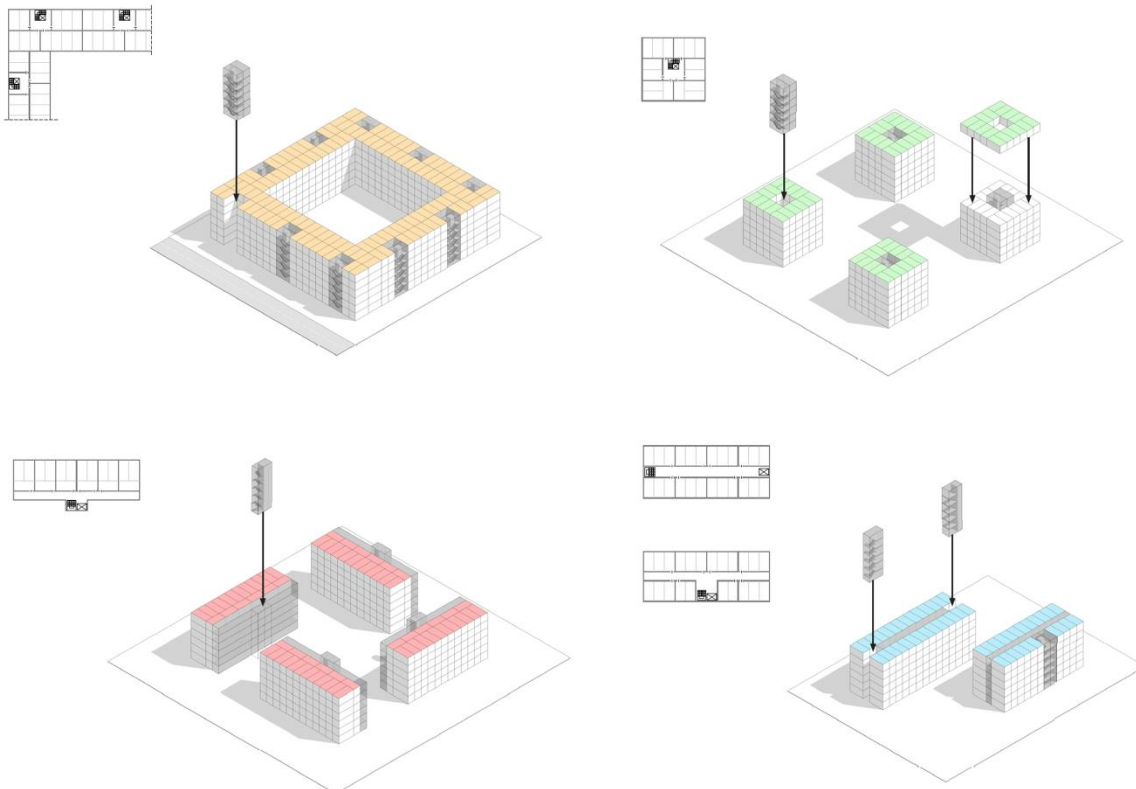


Abbildung 68 Typengeschosse vertikal addiert

Auch Kombinationen unterschiedlicher Gebäudetypen sind nicht ausgeschlossen – vgl. Abbildung 69.

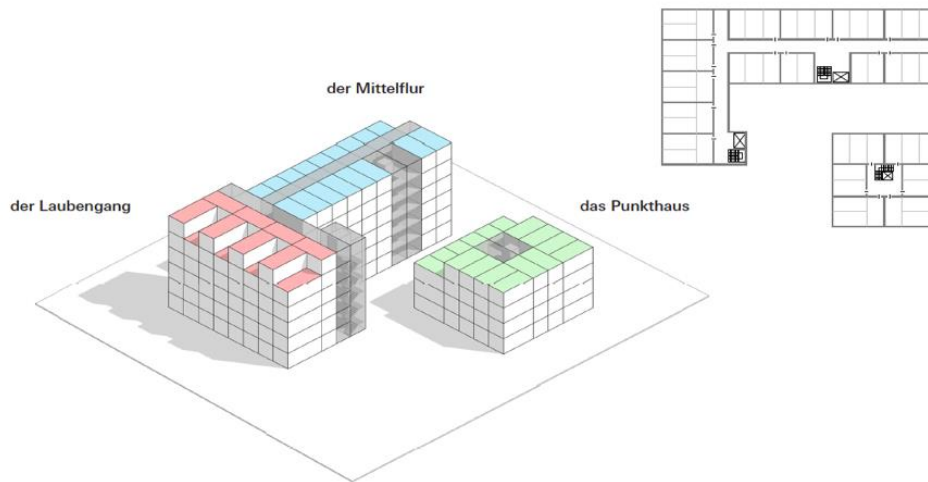


Abbildung 69 Kombination von Gebäudetypologien

Typisierung der Gebäudeerschließung

Bei dem Raummodul-Bausystem werden neben den Wohnungseinheiten auch die horizontale und die vertikale Erschließung, typisiert und industriell hergestellt. Die Vertikalerschließung - Treppenhäuser und Aufzüge - sind sogar im gleichen Raumsystem hergestellt und umgesetzt.

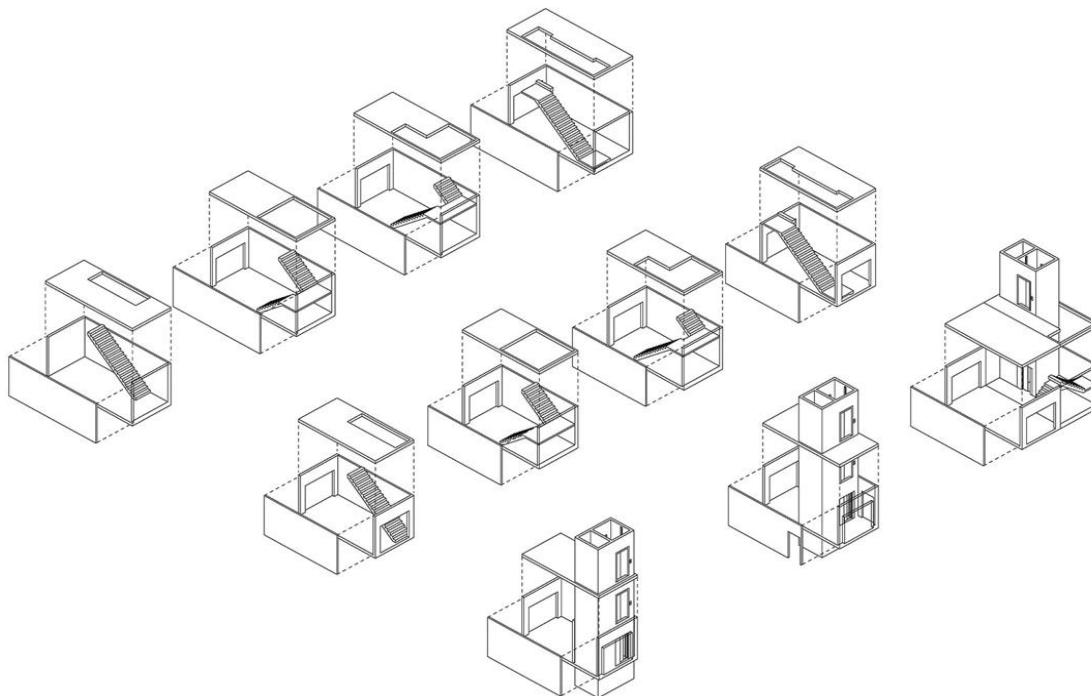


Abbildung 70 Typisierte Vertikalerschließung

Für die horizontale Erschließung (Innenflure, Laubengänge) können die Raummodule nicht verwendet werden. Hierfür sind ebenfalls modular aufgebaute Elemente zu entwickeln (BG-E) – vgl. Abbildung 71.

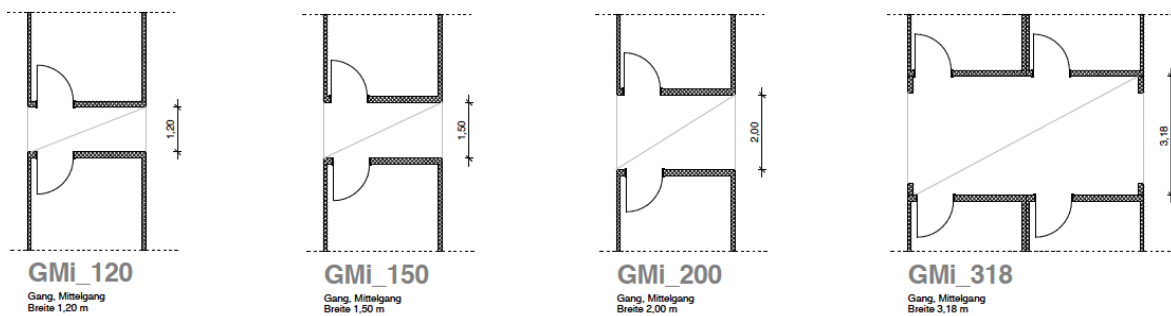


Abbildung 71 Typisierte Erschließungselemente

5.3.3 Variabilität einer typengeschossorientierten Planung mit Raummodulen

Die mit Raummodulen erzielbare Variabilität ist kaum geringer als die, die beim herkömmlichen Bauen zum Tragen kommt, und sie ist in jedem Falle mehr als ausreichend zur Erfüllung der Kriterien des Anforderungskatalogs. Die Anforderungen, wie sie die Wohnungswirtschaft heute stellt, werden weitestgehend mit den Typengeschossen erfüllt.

Abbildung 72 zeigt beispielhaft Möglichkeiten von Typengeschossen innerhalb der Spannertypologie mit Varianten des Erschließungskerns, unterschiedlichem Wohnungsmix und verschiedenen Gebäudeabmessungen. Eine Ausweitung der Variabilität erscheint nicht notwendig, wäre aber ohne weiteres möglich.

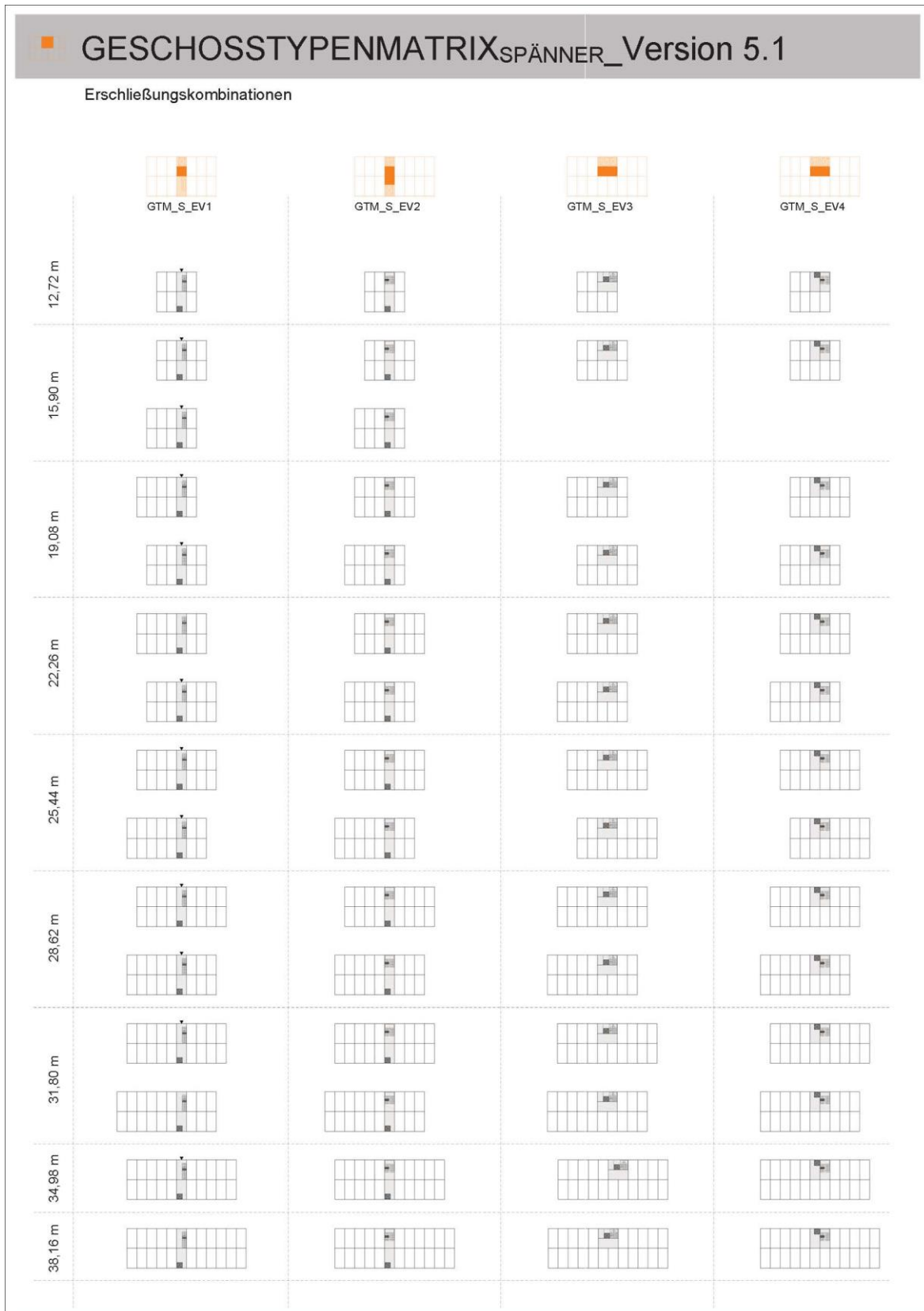


Abbildung 72 Typengeschossmatrix für die Typologie Spänner

Innerhalb eines Typengeschosses können Wohnungseinheiten im Prinzip beliebig angeordnet werden, um einen gewünschten Wohnungsmix zu erreichen. Ebenso können unterschiedlich konfigurierte Typengeschosse (BG-T) zu Baugruppen-Gebäude (BG-G) gestapelt werden, sofern gewährleistet ist, dass die Führung der vertikalen Schächte durchgängig ist.

Das kann am Beispiel des Referenzgebäudes, einer Mittelflurtypologie, erläutert werden.

Wohnungsmix: 4x 4-Zi, 8X 3-Zi, 15x 2-Zi, 13x 1-Zi

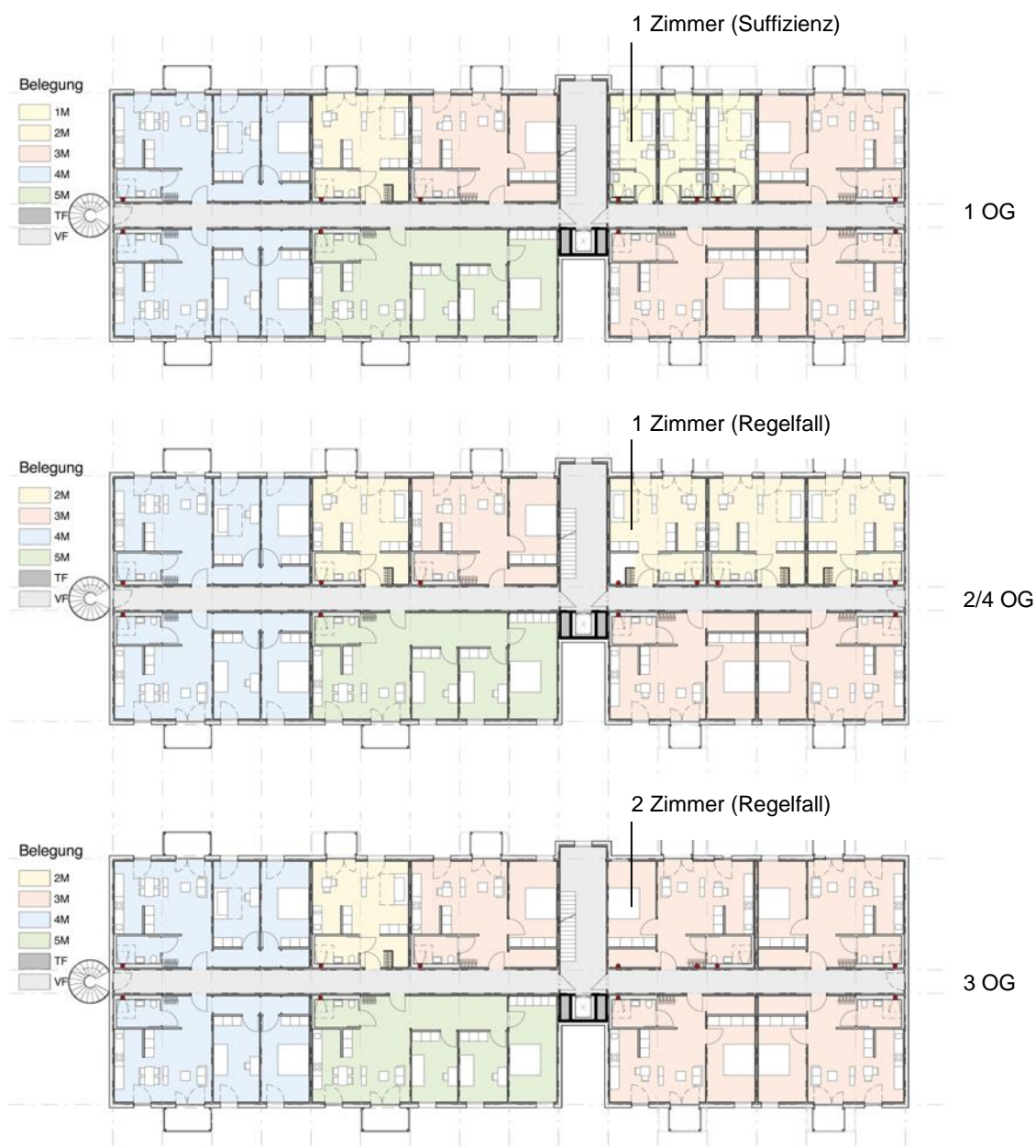


Abbildung 73 Grundrisse 1-4.OG Referenzgebäude Regel

Wie in Abbildung 73 ersichtlich wechselt im rechten Teil der Typengeschosse die Belegung der zwischen 1-Zimmer-Suffizienz, 1-Zimmer-Regelfall und 2-Zimmerwohnungen. Die Schächte - als rote Punkte dargestellt - laufen durch.

Für eine weitere Typologie Punkthaus kann die Variabilität wie folgt dargestellt werden:

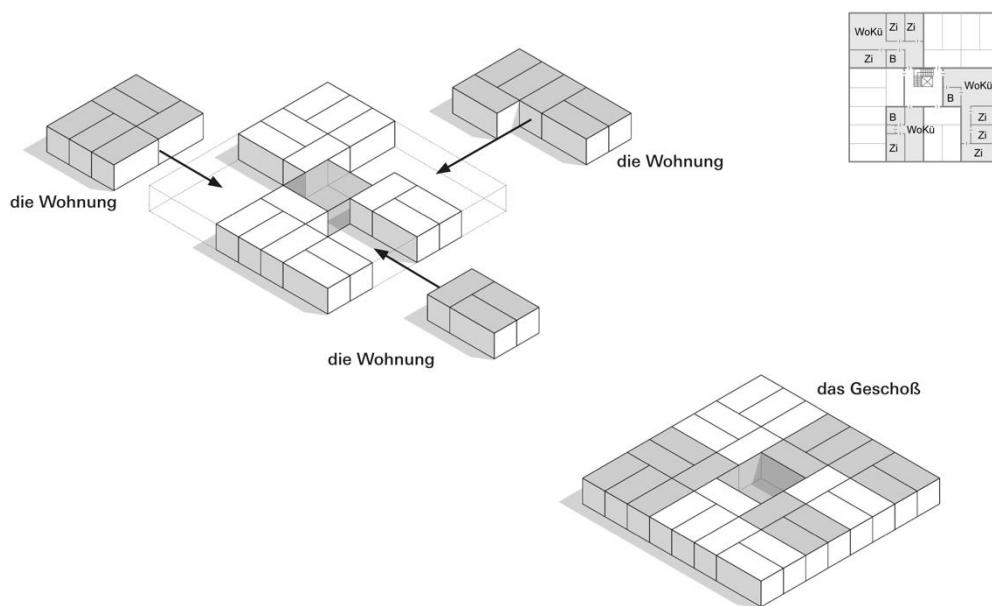


Abbildung 74 Typengeschoß für die Typologie Punkthaus mit Schemagrundriss

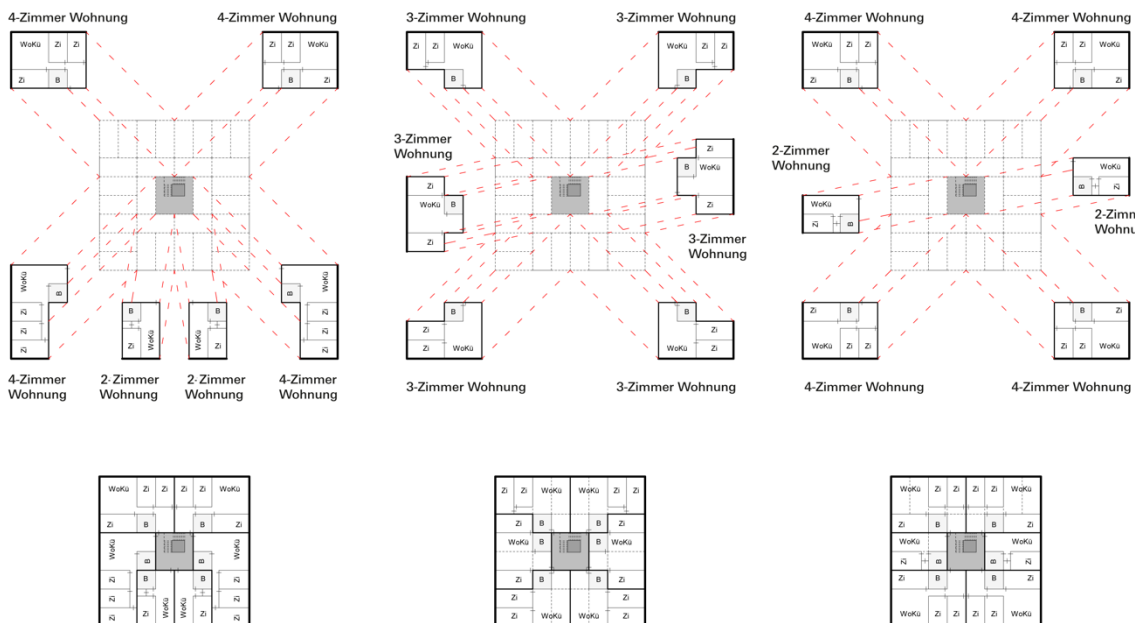


Abbildung 75 Varianten des Typengeschosses

5.3.4 Entwicklung von additiven Architekturelementen

Unter Architekturelementen sind alle die Baugruppen-Wohnungen und die Baugruppen-Erschließung ergänzende Gebäudeteile zu verstehen (Baugruppe Anbauten, BG-A):

- Balkone
- Laubengang-Einhausungen
- Eingangsbereiche
- Dachaufbauten

Grundprinzip ist auch hier die industrielle Vorfertigung und die passgenaue Montage vor Ort, denn es wäre systemwidrig und in Bezug auf die Kosten kontraproduktiv, würde man wegen dieser Elemente wieder eine Baustelle alter Provenienz einrichten müssen.

Systemische bzw. bautechnische Grenzen gibt es kaum. Lediglich ist es unmöglich Loggien vorzusehen. Balkone hingegen können systemisch, den Anforderungen des Katalogs entsprechend, Teil des Systembaukastens werden. Gleiches gilt für Einhausungen des Laubengangs, für Aufbauten bei zu nutzenden Dächern (z.B. Geländer)

Die Balkone sind ein wesentliches Element für gutes Wohnen und zugleich sind sie ein Gestaltungselement. Bei den Raummodulen können Balkone sowohl vorgestellt als auch bis zu einer bestimmten Größe angehängt werden.

Die typologischen Überlegungen hierzu sind bereits in System Flächenelemente dargestellt und gelten für die Raummodul-Bauweise gleichermaßen.

Fensterkatalog und Fassadenbekleidung

Zum Planen nach Katalog gehört auch ein Katalog der Fenster und Fenstertüren. Bei der Erstellung des Katalogs wurden alle für den Wohnungsbau wichtigen Fensterarten und Fenstergrößen berücksichtigt. Berücksichtigt ist auch die Verschattung. Primär dient die Beschränkung der Fensterarten der wirtschaftlichen Effektivität. Dennoch ist auch dieser Katalog ein „offener“, d.h. er wird, je nach den Wünschen der Wohnungsunternehmen kontinuierlich erweitert, ist aber von den statischen Möglichkeiten des Bausystems begrenzt. Um die Stabilität des Raummoduls aufrecht zu erhalten, muss die Aussparung in der Außenwand begrenzt werden. Dennoch reichen sie weit und bieten Spielraum für die unterschiedlichsten Anordnungen und damit „Architekturen“.

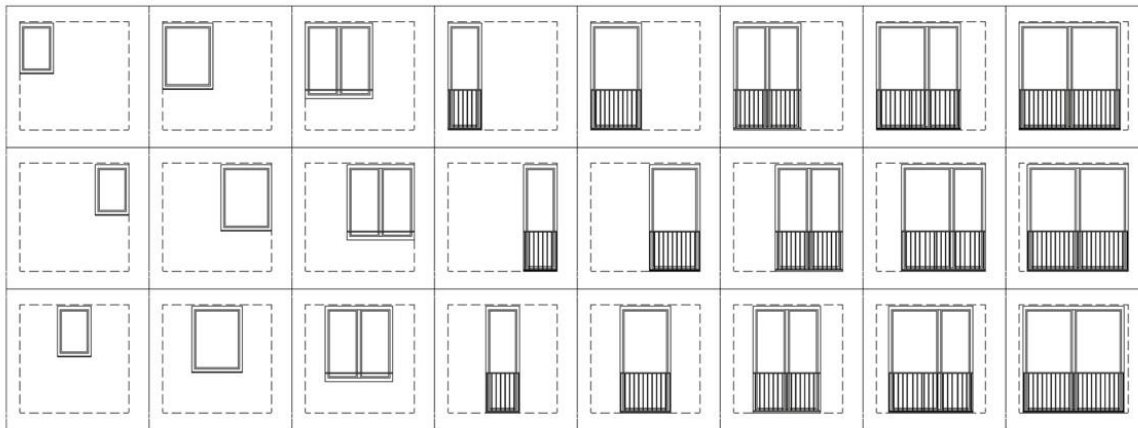


Abbildung 76 Fensterkatalog mit maximaler Aussparung

Wie Abbildung 76 zeigt, können die Fenster stirnseitig innerhalb eines definierten statischen Rahmens beliebig eingesetzt werden. Man kann damit Lochfassaden in größter Variabilität entwerfen.

Die Fenstergrößen stehen in einem Zusammenhang zur Nutzung des Raums. Bei den Standardgrundrissen wurde auf eine optimale – über die DIN hinausgehende – Belichtung angestrebt und darauf geachtet, dass die Räume gut möblierbar sind.

Die Hülle des Gebäudes kann entweder als Wärmedämmverbundsystem (WDVS) oder als vorgehängte Fassade ausgeführt werden. Das Wärmedämmverbundsystem kann bei der Raummodulbauweise eigentlich nur im Nachhinein aufgebracht werden. Die im Vergleich kleinteilige Struktur der Einzelbausteine würde sich andernfalls in einem strengen Fugenraster widerspiegeln. Für vorgehängte Fassaden werden neue und preisgünstige Systeme als Alternative entwickelt, um von dem nicht unbedingt nachhaltigen WDVS wegzukommen. Mit der kleinteiligeren Plattenteilung lässt sich das Grundraster der Konstruktion wesentlich eleganter überspielen, zudem sollte hier eine Vorfertigung möglich sein, was außerdem für die vorgehängte, hinterlüftete Bekleidung spricht.

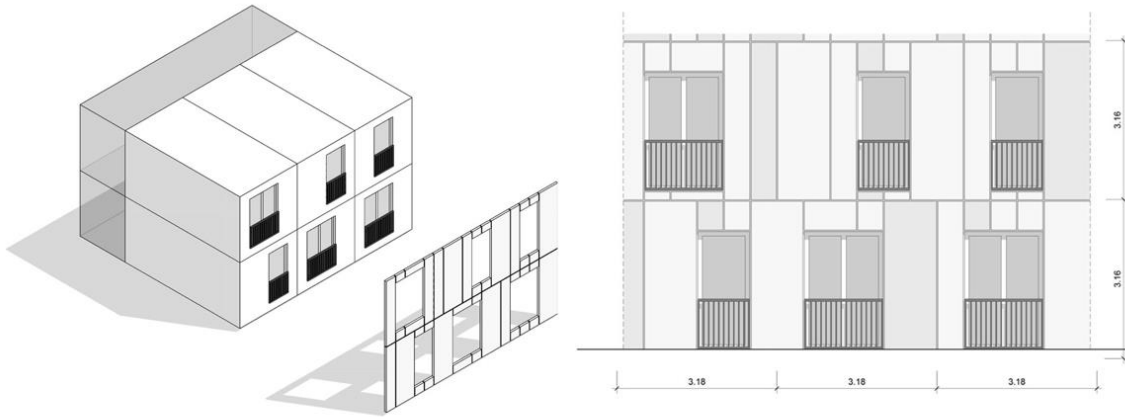


Abbildung 77 Addition der Fassadenbekleidung

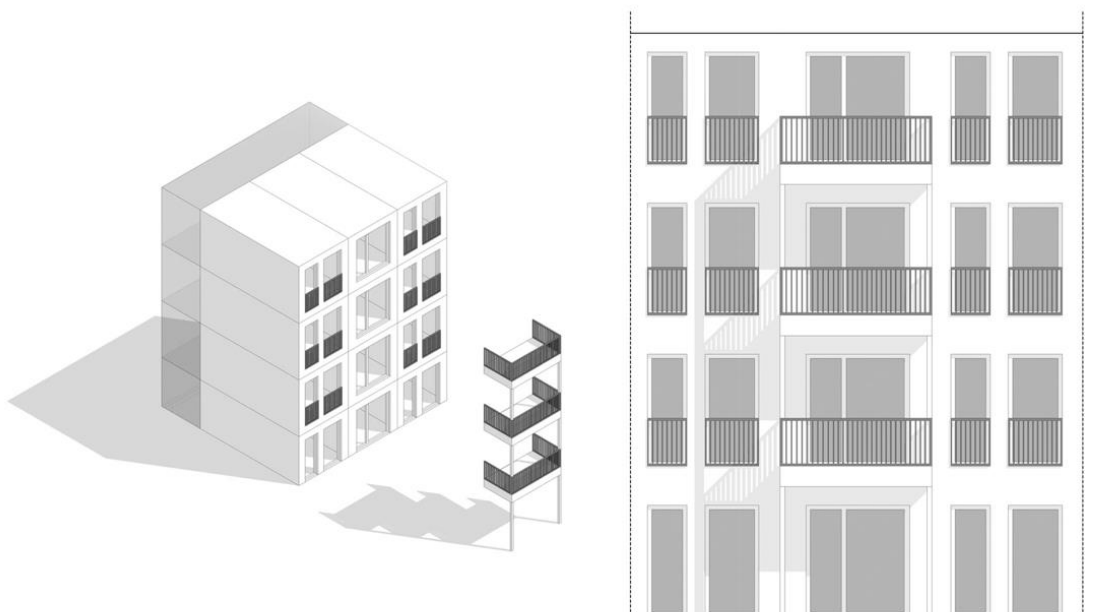


Abbildung 78 Addition der Balkonkonstruktion

5.3.5 Fazit Typengeschosssystematik (BG-T)

Das beim herkömmlichen gewerkweisen Bauen üblicherweise – ja fast notwendigerweise – entstehende Chaos und Gedränge, die Abhängigkeit von der Witterung mit den damit verbundenen Unannehmlichkeiten für die Monteure und die Beschädigungen der Elemente vor allem durch Feuchtigkeit sind Alltag auf unseren Baustellen. Ein weiteres Problem besteht darin, dass bei der Herstellung vor

Ort die Einhaltung der Qualität zwar möglich, aber nicht systemisch garantiert ist. Bei einer größeren Baustelle kann der Bauleiter als Kontrolleur der Qualität nicht überall zugleich sein. Ist ein Element erst einmal verbaut, sieht man einen eventuellen Fehler gar nicht mehr.

Aus der Anwendung von Baugruppen-Typengeschoss ergeben sich folgende Vorteile:

- schnelle Entwicklung von Varianten für städtebauliche Konfigurationen
- schnelle Ermittlung inwiefern eine maximale Grundstücknutzung realisierbar ist
- schnelle Überprüfung der Realisierbarkeit eines gewünschten Wohnungsmix
- hinsichtlich Baurecht und TGA geprüfte Grundrisskonfigurationen
- Kostensicherheit für die Bauherren

Nachteilig kann sich die starre Auslegung der Typengeschosse bei kleinen oder Grundstücken mit schwierigem Zuschnitt auswirken, denn auch wenn mit dem Raummodul nahezu jede Gebäudekonfiguration möglich ist (vorausgesetzt orthogonal), so sind die Typengeschosse doch abhängig von dem Maß 3,00 m Breite. Wenn die in einem Bebauungsplan vorgegebenen Bebauungslinien wegen der Grundstückskosten, die die maximale Ausnutzung des Baufeldes erfordern, unbedingt eingehalten werden müssen, dann kann das Raummodul nicht zum Tragen kommen. Deshalb müssten bereits die städtebaulichen Entwürfe das industrielle Bauen berücksichtigen, denn hier beginnt die Kette der Wertschöpfung.

5.4 Planung virtuelles Referenzgebäudemodell

5.4.1 Allgemeines

Das Referenzgebäude ist ein einfach strukturiertes Wohngebäude mit Mittelgangerschließung, das den von der KoWo für das Forschungsprojekt zugrunde gelegten Wohnungsmix von 5% 1- Zimmer, 25% 2- Zimmer, 40% 3- Zimmer, 20% 4- Zimmer und 10% 5- Zimmer Wohnungen in einem Gebäude repräsentiert. Für die Regelausführung der Wohnungen im Referenzgebäude sind die Flächenvorgaben der deutschen Förderlandschaft vorausgesetzt (siehe Kapitel 3). Sie sind barrierefrei zu planen und allein mit den im Kapitel 6 ausführlich beschriebenen Systembädern zu bestücken (Ausnahme: die geforderte rollstuhlgerechte Wohnung). Das Referenzgebäude dient als Vergleichs- und Rechengröße zur Ermittlung der Kostenwerte (Kapitel 9) und Auslegung der TGA (Kapitel 7). Weiter Planungsrandbedingungen des Referenzgebäudes sind im Anhang B zusammengestellt.

5.4.2 Bausystem Flächenelemente

Gemäß den Kriterien des Anforderungskatalogs (Kapitel 3) wurden verschiedene Grundrisse in Regel- und Suffizienz-Ausführung entwickelt. Durch die Kombination der Grundrisse ist eine große Variantenvielfalt der Baugruppen und Typologien mit einem jeweils angepassten Wohnungsmix möglich.

Das Spektrum der Wohnungstypen ist in diesem Forschungsprojekt bewusst begrenzt gehalten, kann aber beliebig erweitert werden. Mit dem Bausystem ist es möglich, vielfältige zeitgemäße Wohnlösungen für eine breite Bewohner- und Nutzerstruktur zu schaffen.

Der vorgegebene Wohnungsmix ist aufgrund der geringen Auflösung in einem Gebäude nicht exakt darzustellen, konnte innerhalb des Referenzgebäudes Regelfall aber dennoch annähernd erreicht werden, vgl. Abbildung 79.

Wohnungsmix: 4x 5-Zi, 8x 4-Zi, 15x 3 Zi, 8x 2 Zi, 1x 2 Zi R, 2x 1-Zi



Abbildung 79 Referenzgebäude Regelfall, Grundrisse 1-4 OG

Die Suffizienzvariante des Referenzgebäudetyps geht von gleichen Gebäudemmaßen und identischer Lage der Schächte aus, um das Mischen von Suffizienz- und Regelgeschossen zu ermöglichen und so die Nutzerstruktur je Gebäude mischbar zu machen. Die Anzahl der Bewohner in der Kubatur wird in der Suffizienzvariante dabei erhöht, der Flächenanteil pro Kopf gegenüber dem Referenzgebäude verringert – vgl. Abbildung 80.

Wohnungsmix: 4x 5-Zi, 10x 4-Zi, 14x 3-Zi, 12x 2-Zi, 8x 1-Zi



1.und 2.OG



3.und 4.OG

Abbildung 80 Referenzgebäude Suffizienz, Grundrisse 1-4 OG

Im Referenzgebäude mit dem Ausstattungsstandard Regelfall ohne Berücksichtigung der Flächen im EG – das EG dient als städtebauliches Bindeglied zur Umgebung und wird daher verschiedensten Notwendigkeiten gerecht werden müssen, kann also nicht als allgemein gültig angesetzt werden – kommen gesamt 117 Personen unter. Im Vergleich dazu sind es in der Suffizinzvariante mit 134 Personen etwa 15% mehr.

5.4.3 Bausystem Raummodule

Es hat sich gezeigt, dass die Vorgaben in einem aus den Modulen mit dem Maß 7,15 m bestehenden Gebäude kaum erfüllt werden können. Dabei wurden grundsätzlich Wohnungen aus der Grundrissmatrix verwendet, also Wohnungen, die auch für andere Gebäudetypen geeignet sind, also barrierefreie Standardwohnungen. Diese liegen bis auf die 1-Zimmerwohnung gänzlich über den Förderrichtlinien, 5-Zi.-Wohnungen, von denen nur wenige einzufügen waren, sind nicht nachgewiesen.

Wohnungsmix: 4x 4-Zi, 8X 3-Zi, 15x 2-Zi, 13x 1-Zi



Abbildung 81 Referenzgebäude Regelfall, Grundrisse 1-4 OG

Damit sind im Prinzip Baugruppen-Typengeschoss aufgebaut, wobei die Ausnutzung des Treppenhauses bei einer größeren Wohnungszahl noch effektiver gewesen wäre.

In gleicher Weise ließen sich Typengeschosse bei den gleichen Modulmaßen für Rollstuhlwohnungen figurieren. Naturgemäß verringert sich dabei die Zahl der Wohnungen. Man könnte aber auch im gleichen Gebäude Baugruppen-Typengeschoss mit Standard- und Rollstuhlwohnungen übereinanderlegen.

Bei dem Referenzgebäude „Suffizienz“ V1 wurde mit den Modulen mit dem Maß 6,00 m gearbeitet. Die Vorgaben bezüglich des Wohnungsmix waren so nicht zu erfüllen.

Wohnungsmix: 4x 4-Zi, 8x 3-Zi, 15x 2-Zi, 13x 1Zi

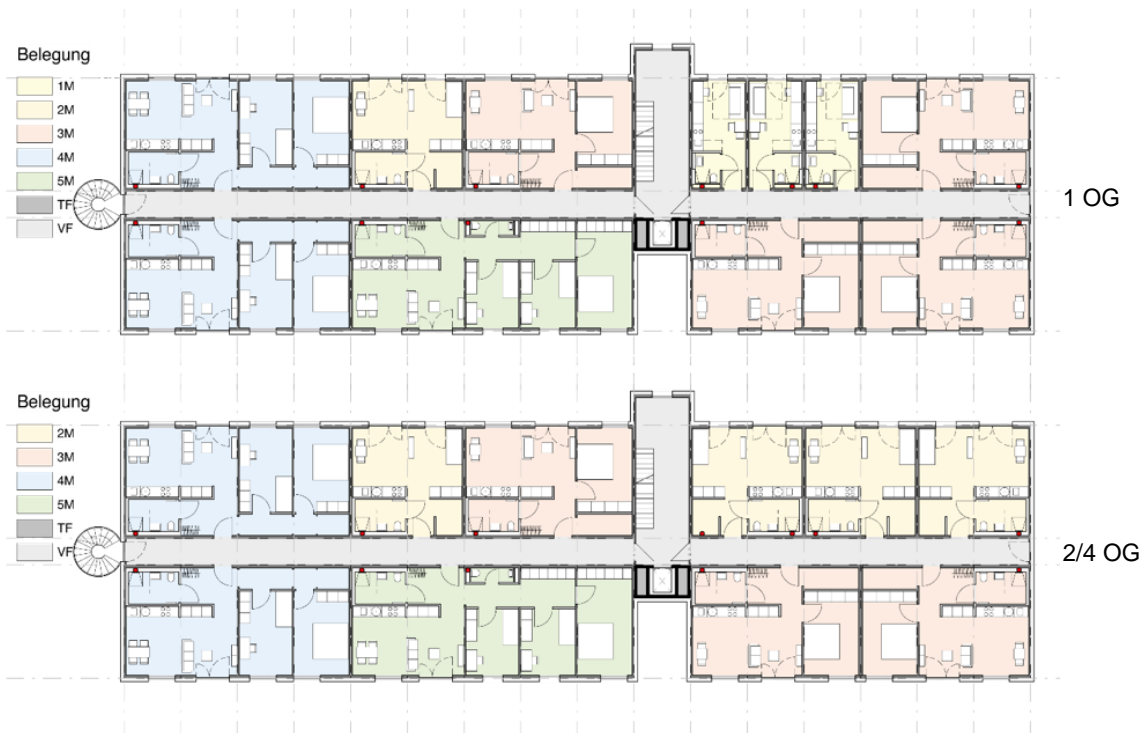


Abbildung 82 Referenzgebäude Suffizienz V1, Grundrisse 1 und 2/4 OG



Abbildung 83 Referenzgebäude Suffizienz V1, Grundriss 4 OG

„Suffizienz“ V2 wurde dabei wie folgt definiert: Mehr Personen (sprich Zimmer) bei gleicher Wohnfläche wie die Standardwohnungen. Auf Balkone wurde verzichtet, nicht aber auf die raumhohen Fenster bei den Wohnzimmern. Der Wohnungsmix konnte so annähernd erreicht werden.

Wohnungsmix: 4x 5-Zi, 8x 4-Zi, 15x 3-Zi, 10x 2-Zi, 3x 1-Zi



Abbildung 84 Referenzgebäude Suffizienz V2, Grundrisse 1, 2 und 4 OG



Abbildung 85 Referenzgebäude Suffizienz V2, Grundriss 3 OG

Im Referenzgebäude Regelfall kommen so in den 4 Obergeschossen 83 Personen unter - im Suffizienzgebäude in der Version 1 (V1) sind es auch 83 Personen und in der Version 2 (V2) 120 Personen.

5.4.4 Auswertung

Bei der Auswertung zeichnet sich für die beiden Referenzgebäude der Industriepartner ein unterschiedliches Bild. Im System Flächenelemente sind die für das Referenzgebäude ‚Regelfall-Standard‘ relevanten Fördergrößen nach den Vorgaben des Anforderungskatalogs bis auf die Flächen der teilbaren 5 Zimmerwohnungen erfüllt. Dies ist der Idee von über die Geschosse mischbaren nicht sortenreinen, gemischten Baugruppe geschuldet, die aus einer 2 und 3-Zimmerwohnung, die zu einer 5 Zimmerwohnung zusammenschaltbar sind besteht. Würde man dies fallen lassen, wäre das System vermutlich variabel genug, auch hier den vorgegebenen Korridor einzuhalten.

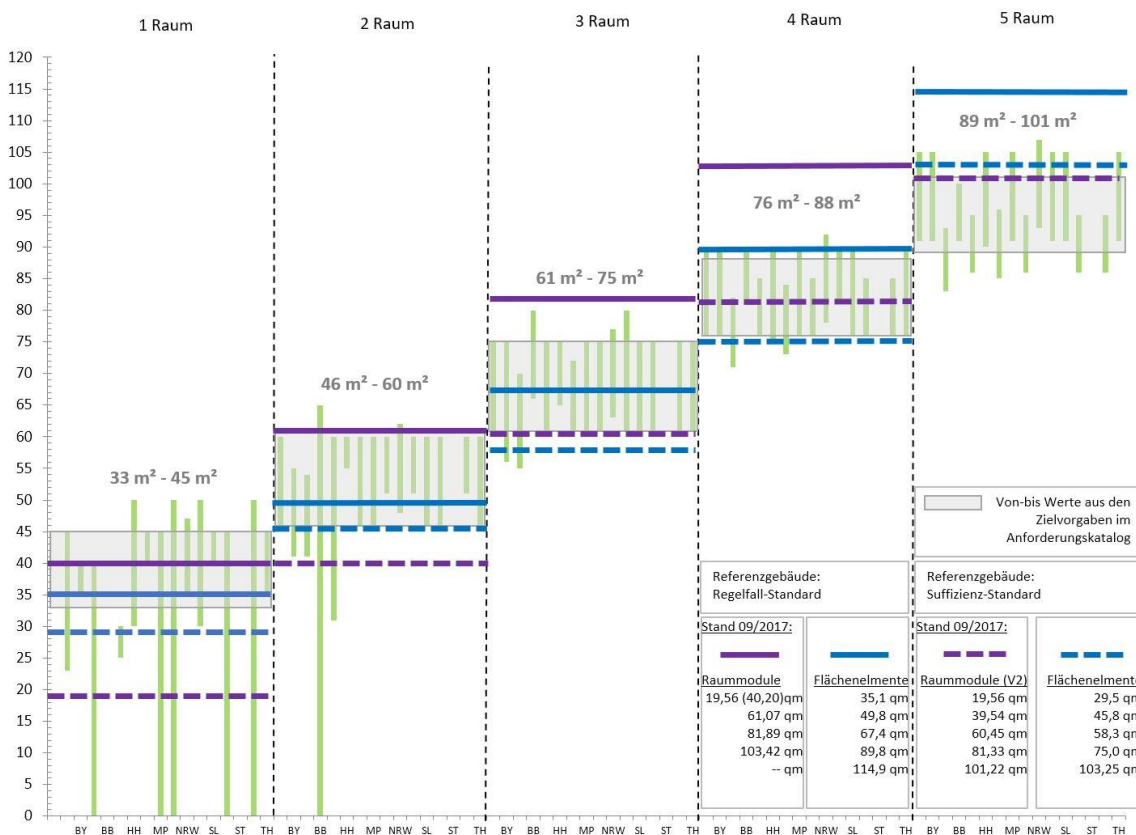


Abbildung 86 Auswertung der Wohnungsgrößen für die Referenzgebäude (R- und S-Standard) im Vergleich zu den förderfähigen Wohnflächenvorgaben des Anforderungskatalogs und der Förderflächen der einzelnen Bundesländer

Das Bausystem Raummodule hat auf Grund der groben Rasterung in raumhaltige Bausteine in Transportgröße größere Schwierigkeiten die Fördergrößen im R-Standard einzuhalten – lediglich bei der 1-Zimmerwohnung gelingt dies, die 2-Zimmerwohnung liegt an der oberen Grenze.

Bei der Planung des Referenzgebäudes lag für das System Raummodul nur eine noch nicht vollständige Grundrissmatrix vor. In der Zwischenzeit ist diese angewachsen, und es gibt für jeden

Wohnungstyp förderfähige Grundrisse. Die Matrix bzw. der Katalog wird ständig erweitert. Mit den beiden Modulmaßen 6,36 und 7,15 Modullänge besteht ein ausreichender Spielraum für Grundrisse unterschiedlicher Größe und Typs. Weitere Zwischengrößen herzustellen, wäre wirtschaftlich nicht sinnvoll, und es ist, wie sich gezeigt hat, auch nicht nötig. Es wurde darüber hinaus erprobt, die Module mittig in der Länge zu teilen, wodurch der Grundrissvielfalt kaum Grenzen gesetzt und auch die Flächendispositionen erreichbar sind. Ob der jeweilig gewünschte Wohnungsmix im Einzelnen immer vollständig realisiert werden kann, hängt darüber hinaus auch ab vom Gebäudetyp. Ein Mix, der in der zweihüftigen Referenzanlage nicht oder nur bei Suffizienz zu erreichen gewesen ist, kann bei einem Punkthaus zum Beispiel durchaus erreicht werden. Zudem ist zu bedenken, dass der Wohnungsmix auch keine allzeit fixe Größe ist, wie alle unter 3. „Anforderungskatalog“ aufgeführten Qualitäten einer ständigen Anpassung an gesellschaftliche Veränderungen unterzogen werden müssen.

In der Praxis ist es nicht notwendig, jedes denkbare Marktsegment mit dem Bausystem Raummodul ausfüllen zu können. Aber sogar, wenn Wohnungen etwas mehr Fläche haben als es nach den Förderrichtlinien zulässig ist, dann lässt sich dahingehend argumentieren, dass die Raumzellerbauweise derart viele Kostenvorteile generiert und einen so hohen Qualitätsstandard garantieren kann, dass es dem Wohnungsunternehmen ein leichtes ist, zwei oder drei Quadratmeter auch ohne Förderung zu bauen, was sich in der monatlichen Miete kaum niederschlägt. Und schließlich gehören einengende Richtlinien und die Unterschiedlichkeit der Richtlinien bei den einzelnen Ländern, ja sogar auch noch bei einigen Städten mit eigenen Förderprogrammen, auf den Prüfstand.

Richtig ist allerdings auch, dass ein Gebäude auf Raummodulbasis immer auf einem Raster 3 m beruhen muss, also Anpassungen an Baulinien oft nicht möglich sind. Das war auch Thema beim Referenzgebäude. Und damit ist aber ein generelles Problem angesprochen, nämlich die Brüche innerhalb der Wertschöpfungskette, die ja schon beim städtebaulichen Entwurf beginnt. Was dadurch an Kosten entsteht, kann auch durch das modulare Bauen schwer wettgemacht werden. Industrielles Bauen erfordert ein Maßregelwerk von der ersten Skizze an und ein generelles Umdenken. Denn man kann nicht behaupten, dass die Flächenangaben bei der Förderung das ultimative Ergebnis einer allumfassenden Wohnbauforschung ist – ganz im Gegenteil.

Die Anwendung serieller industrialisierter Bauweisen im sozialen Wohnungsbau unterliegt bestimmten Grenzen und Rahmenbedingungen, was sich anhand der förderfähigen Wohnungsgrößen veranschaulichen lässt. Anhand der Verprobung an den beiden Bausystemen der Industriepartner sind Rückschlüsse auf die generelle Anwendung entsprechender Systembaukästen möglich.

Dementsprechend sollte im Rahmen der Regularien der Förderrichtlinien in den Bundesländern, die als Richtlinien einen gewissen Entscheidungs- bzw. Ermessensspielraum zulassen, die Anwendung von seriellen und industrialisierten Bauweisen stärker berücksichtigt werden. Eine entsprechende Regelung sollte ausdrücklich in die Richtlinien aufgenommen werden. Andernfalls werden entsprechende Förderbedingungen in zahlreichen Anwendungsfällen weiterhin dazu führen, dass die kosten- und zeiteffizienten industrialisierten Bauweisen nicht zum Einsatz kommen können.

5.5 Anwendung des Systembaukastens für konkrete Grundstückssituationen

5.5.1 Grundstücksauswahl und Randbedingungen

Die Leistungsfähigkeit der betrachteten Systembaukästen zur Lösung tatsächlicher Bauaufgaben soll anhand der Anwendung auf konkrete Grundstücke nachgewiesen werden. Dazu werden zwei Grundstücke in Erfurt im städtebaulichen Maßstab mit den Gebäudetypologien aus den zuvor vorgestellten Systematiken – Baugruppen und Typengeschossen – beplant.

Für die geplanten IBA-BUGA-Wohnprojekte stehen in Erfurt zwei Grundstücke zur Verfügung mit unterschiedlichen Qualitäten: Hanoier Straße und Tallinner Straße.

Die Randbedingungen:

In Erfurt gibt es mehrere dominante stadtstrukturelle Ensembles, die das Bewusstsein der Bürger von ihrer Stadt prägen:

- die Altstadt in der Struktur der Bürgerstadt in ihren verschiedenen Epochen, eine „urbane“, d.h. kleinteilig nutzungsgemischte Struktur „das private Stadthaus“ und private Häuser mit mehreren Wohnungen zum Vermieten
- die „sozialistische“ Stadtstruktur: Relativ großformatige Arrangements, bestehend aus Zeilen, Höfen und Punkthäusern, eingebettet in großzügige Parkanlagen und mit integrierter sozialer Infrastruktur - „Egalisierte Mietwohnungen, Kollektiv“
- Gebäude aus der Jahrhundertwende 1900 um die Altstadt herum, „Bürgerhäuser“ als Blockrandbebauung von privaten Hauseigentümern zur Vermietung
- Siedlungen mit Einfamilienhäusern ohne örtliche Spezifika - „Einheits-Individualisierung, Cocooning“

Jeder dieser Strukturtypen hat seine Besonderheiten, seine Vorzüge und Nachteile.

Tallinner Straße - Grundstückfläche ca. 15.750 m²

Das Grundstück an der Tallinner Straße liegt in einem gemischten Gebiet mit mehrgeschossigen Zeilenstrukturen der im Süden angrenzenden Wohnbauten und Großstrukturen zweier Schulbauten. Es ist gut an den öffentlichen Nahverkehr angeschlossen. Schulen und Einkaufsmöglichkeiten sind fußläufig zu erreichen. Ein Radweg führt durch das BUGA-Gelände bis in die Innenstadt. Man kann also davon ausgehen, dass die Bewohner, sofern sie innerhalb des Stadtgebiets arbeiten oder zur Schule gehen, kein Auto benötigen. Es würde fast über die ganzen Werkstage unbenutzt bleiben. Parkierung in Tiefgaragen, wie das beim Geschosswohnungsbau heute noch meistens vorgesehen wird, steht im Widerspruch zum Ziel, kostengünstige Mieten anbieten zu können. Künftig wird es mehr Carsharing und E-Mobilität geben.

Hanoier Straße - Grundstückfläche ca. 22.000 m²

Das schmalere, langgestreckte Grundstück an der Hanoier Straße befindet sich südlich des Grundstücks an der Tallinner Straße und wird durch die Straße der Nationen von diesem abgetrennt. Westlich und nördlich säumen große Wohnzeilen, im Osten begleitet die Gera mit seinen Auen das Gebiet. Südlich grenzt die überregionale Warschauer Straße an.

Als städtebauliche Voraussetzungen für den Geschosswohnungsbau ist eine einheitliche Dichte von ca. 1,2 GFZ, für den verdichteten Flachbau eine geringere von ca. 1,0 bis 1,1 festgesetzt. Es sollen kostengünstige Strukturen entworfen werden, es gilt aber auch zu zeigen, in wieweit Grenzen für die Anwendung der beiden Systembaukästen bestehen.

5.5.2 Bausystem Flächenelemente

In den Vorentwurfsphasen werden der städtebauliche Maßstab und die Baumasse des Projektes ermittelt. Unter Berücksichtigung des jeweiligen Baugeländes und der Umgebung können durch den Planer unterschiedliche Typologien ausgewählt werden. Der Grundriss des Gebäudes, die Verteilung der Wohneinheiten sowie die Form und Position des vertikalen Zugangskerns bilden die grundlegenden Parameter des Baukörpers.

Zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit der in Kapitel 5.2.2 vorgestellten BASIS-Typen von 1-5 Zimmerwohnung der daraus entwickelten Baugruppen und Typologien wurden beispielhafte Beplanungen der beiden Grundstücke erstellt. Die Geschossigkeit wurde dabei für die grobe Annäherung zunächst auf 5 Obergeschosse festgelegt.

Die folgenden schematischen Studien zeigen, dass bei ausreichend großen Grundstücken die Baugruppensystematik gut einsetzbar ist und bezüglich der Grundstücksausnutzung und Anpassung an den Grundstückszuschnitt keine Nachteile hat.

Tallinner Straße

Variante 1

Straßenbegleitende Zeilenstruktur mit Punkthäusern in zweiter Reihe

GF Gesamt: 20.860 m²

GFZ=1,32 GRZ=0,38

Anzahl der Wohneinheiten: 214

Variante 2

Großstruktur mit Hofbebauung

GF Gesamt: 18.850 m²

GFZ=1,19 GRZ=0,32

Anzahl der Wohneinheiten: 210

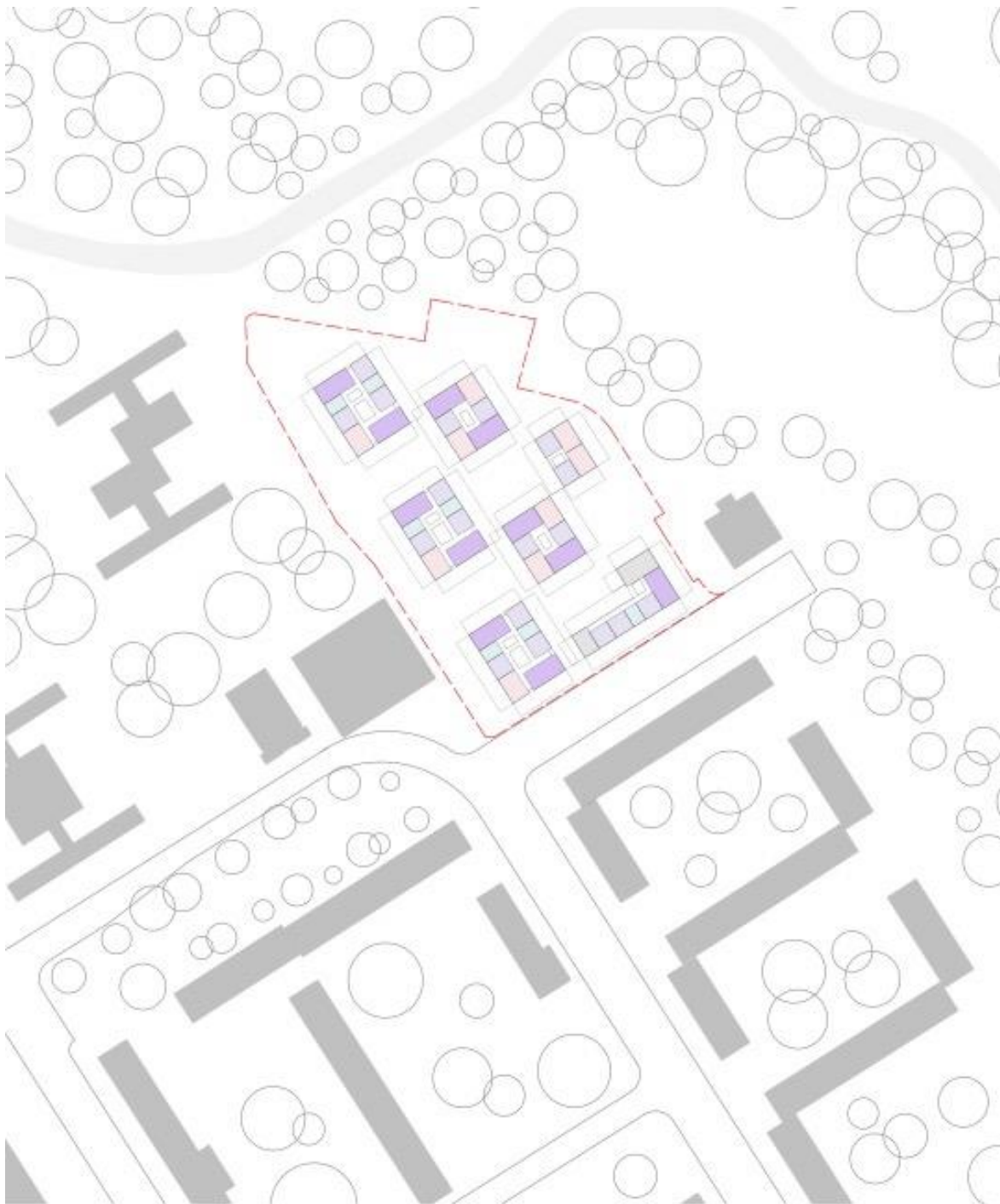


Abbildung 87 Tallinner Straße Variante Punkthaus

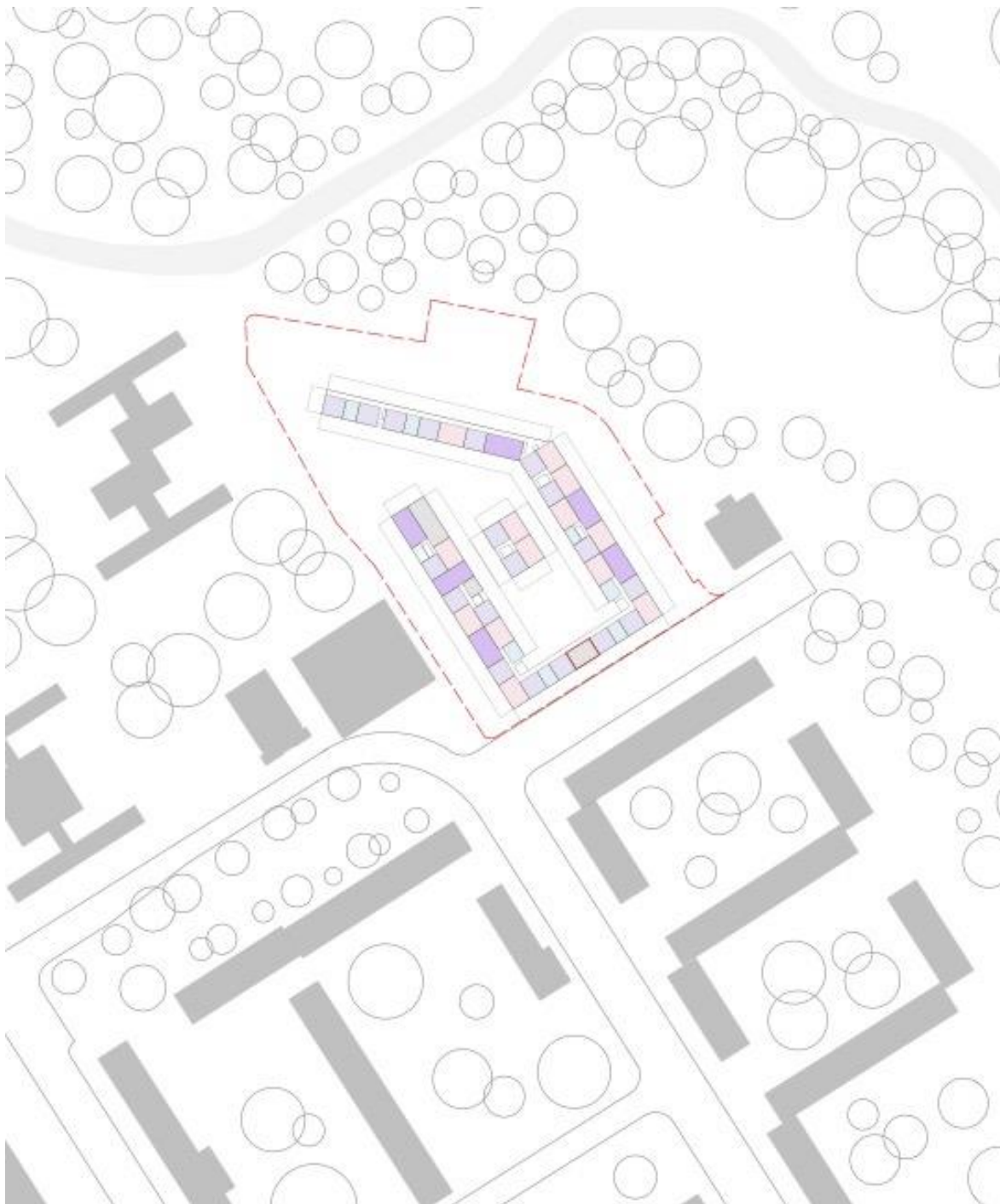


Abbildung 88 Tallinner Straße Variante Großstruktur

Hanoier Straße

Variante 1

Punkthäuser

GF Gesamt: 26.000 m²

GFZ=1,18 GRZ=0,34

Anzahl der Wohneinheiten: 253

Variante 2

Zeilen als Spännertypen

GF Gesamt: 23.500 m²

GFZ=1,07 GRZ=0,29

Anzahl der Wohneinheiten: 237



Abbildung 89 Hanoier Straße Variante Punkthaus



Abbildung 90 Hanoier Straße Variante Zeilenstruktur

5.5.3 Bausystem Raummodule

Für ein Modellvorhaben im Rahmen der IBA- Thüringen der KOWO in Erfurt ließ die KOWO für ein konkretes Areal – Tallinner und Hanoier Straße – untersuchen, welche städtebaulichen Optionen bei Anwendung von Raummodulen entwickelt werden können.

Die von Joachim Brech und Syntax-Architekten (Wien) erstellte Studie, von der hier nur ein kleiner Einblick gegeben wird, erbringt den Beleg, dass es kaum Beschränkungen in der Gebäudekonfiguration gibt. Für die Gebäude wurden fast ausnahmslos die Typengrundrisse des Bausystems Raummodul verwendet.

Tallinner Straße

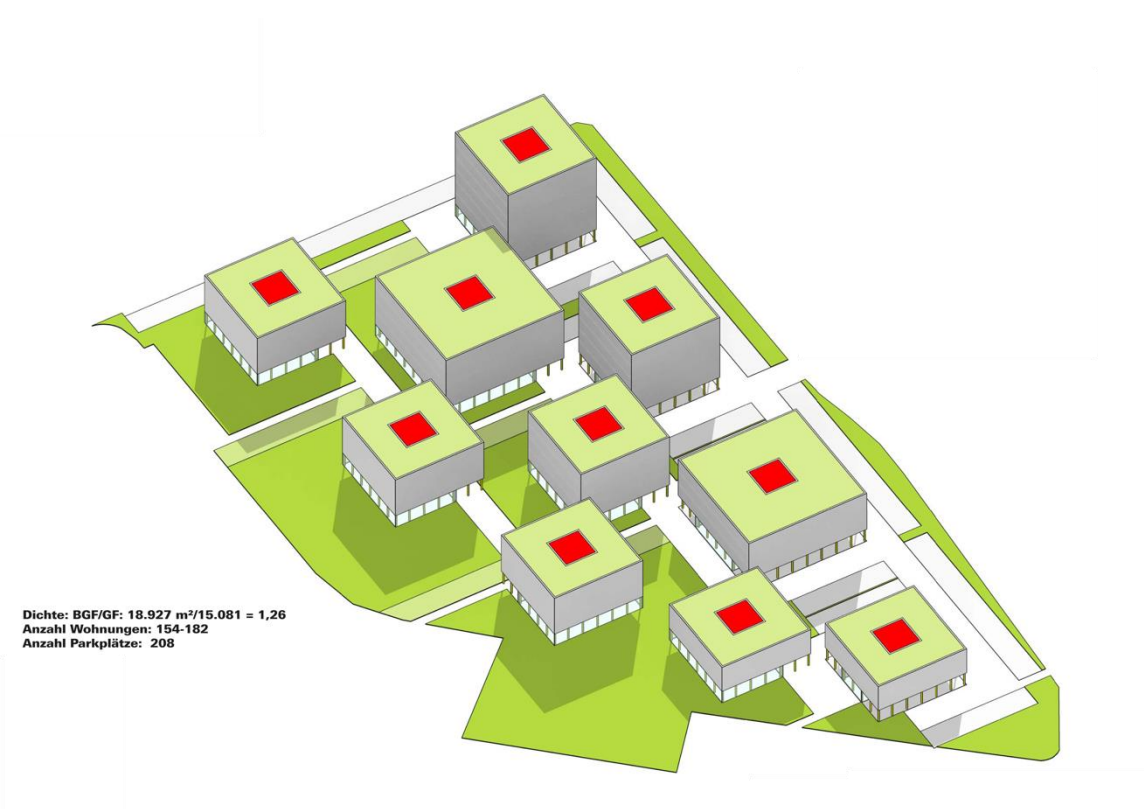


Abbildung 91 Tallinner Straße Variante Punkthaus – Isometrische Darstellung

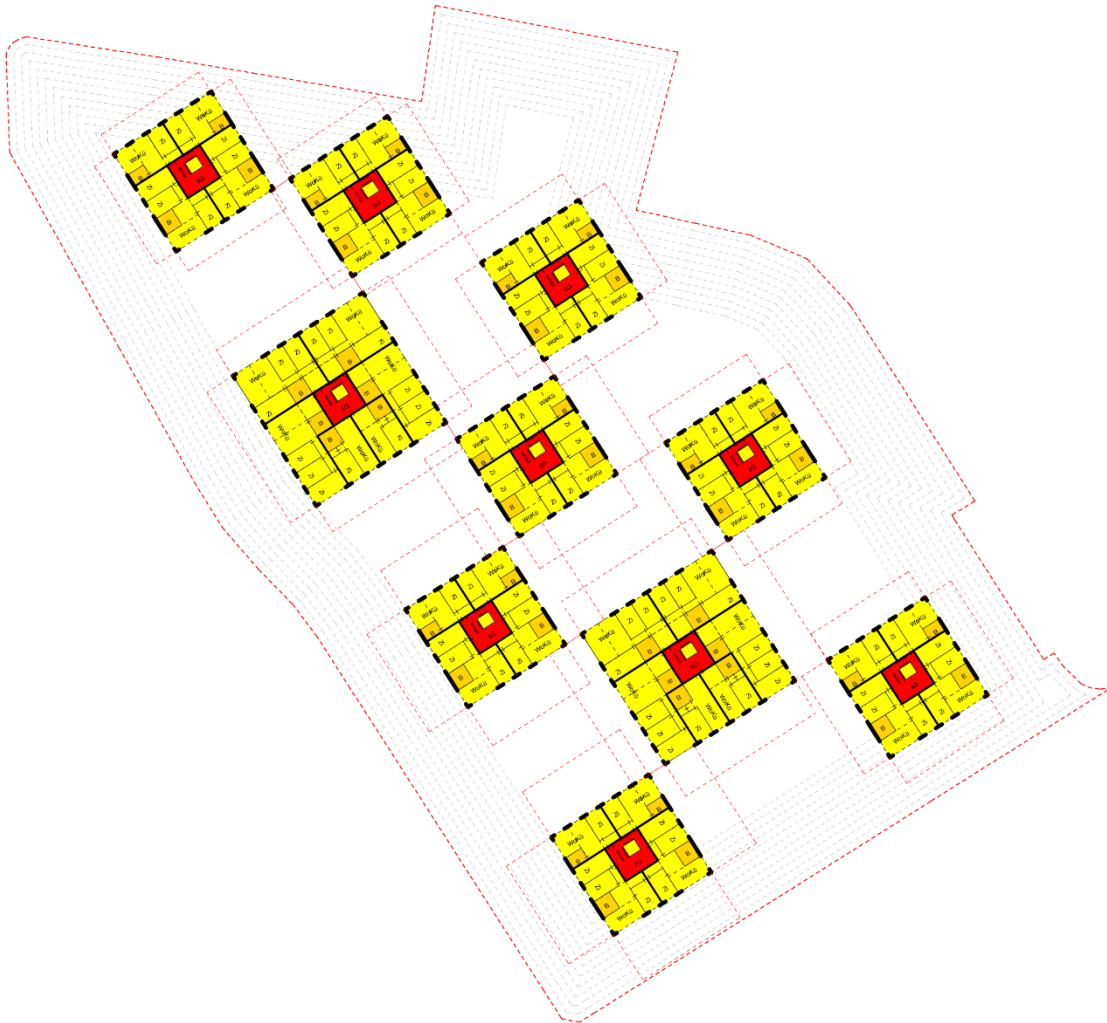


Abbildung 92 Tallinner Straße Variante Punkthaus – Regelgeschoss

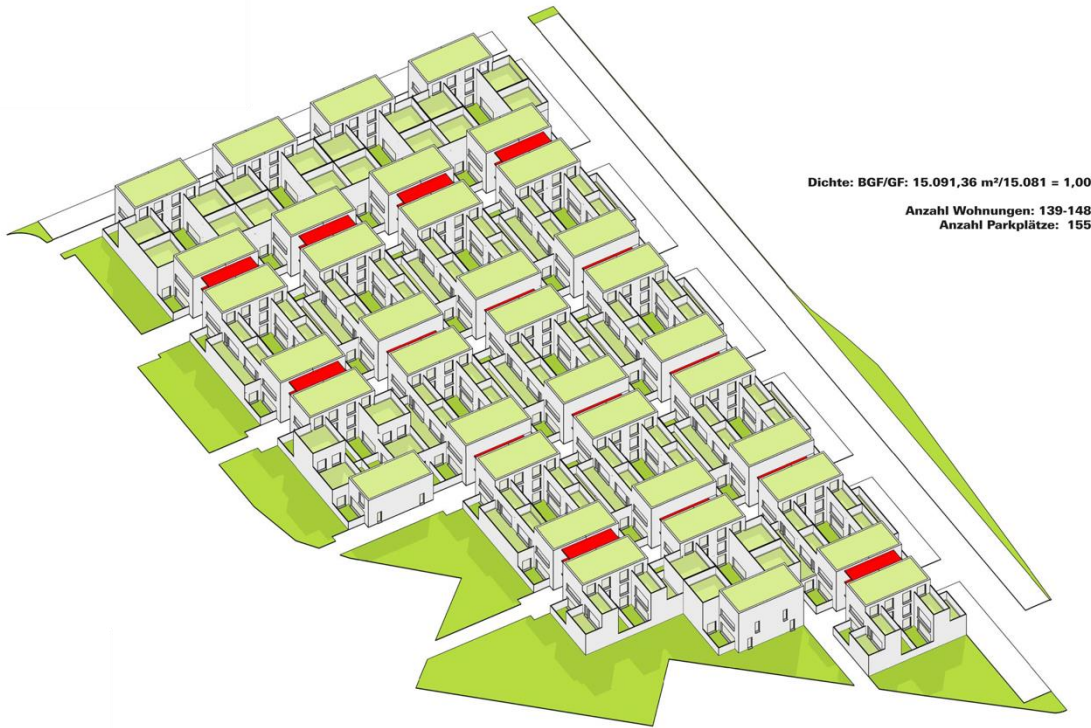


Abbildung 93 Tallinner Straße Variante verdichteter Flachbau – Isometrische Darstellung

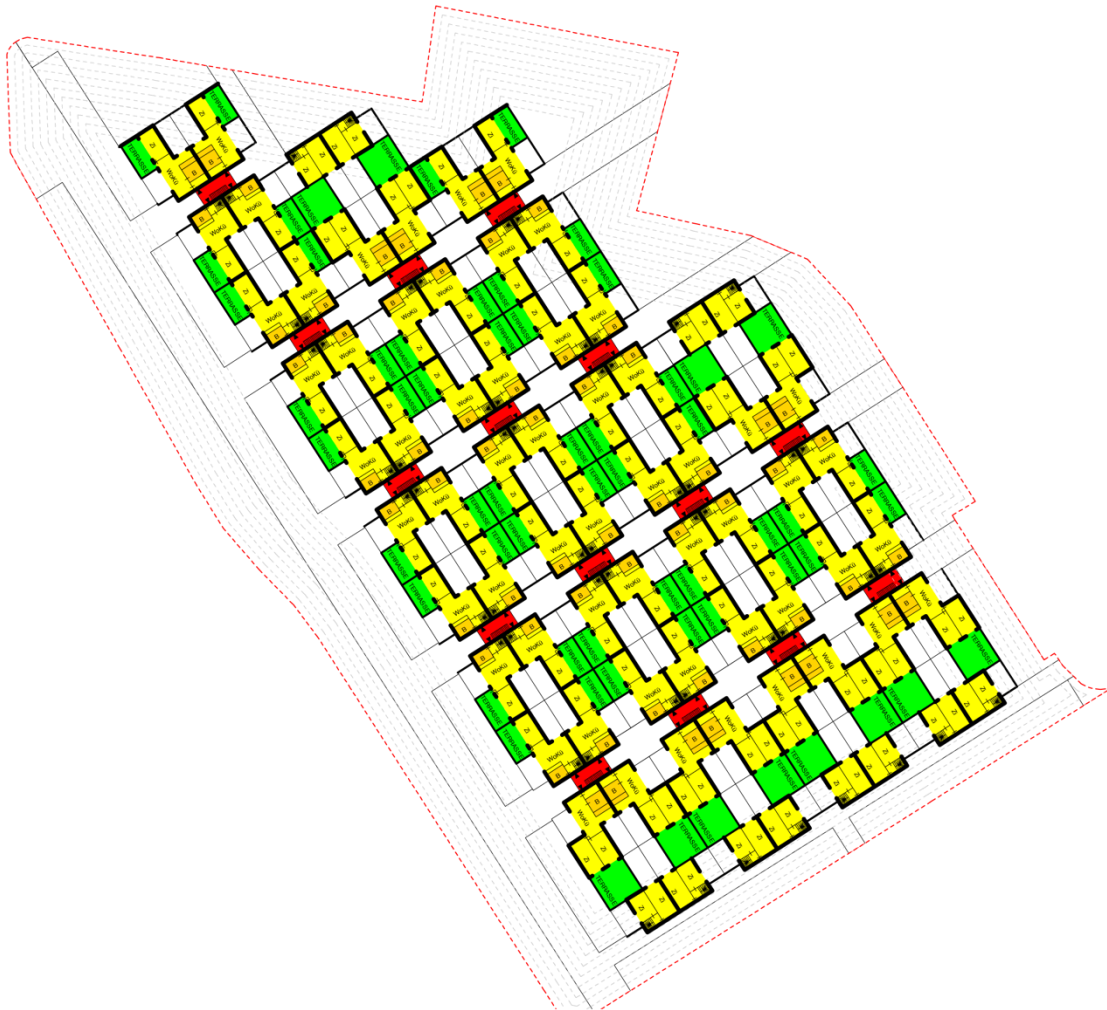


Abbildung 94 Tallinner Straße Variante verdichteter Flachbau – Regelgeschoss

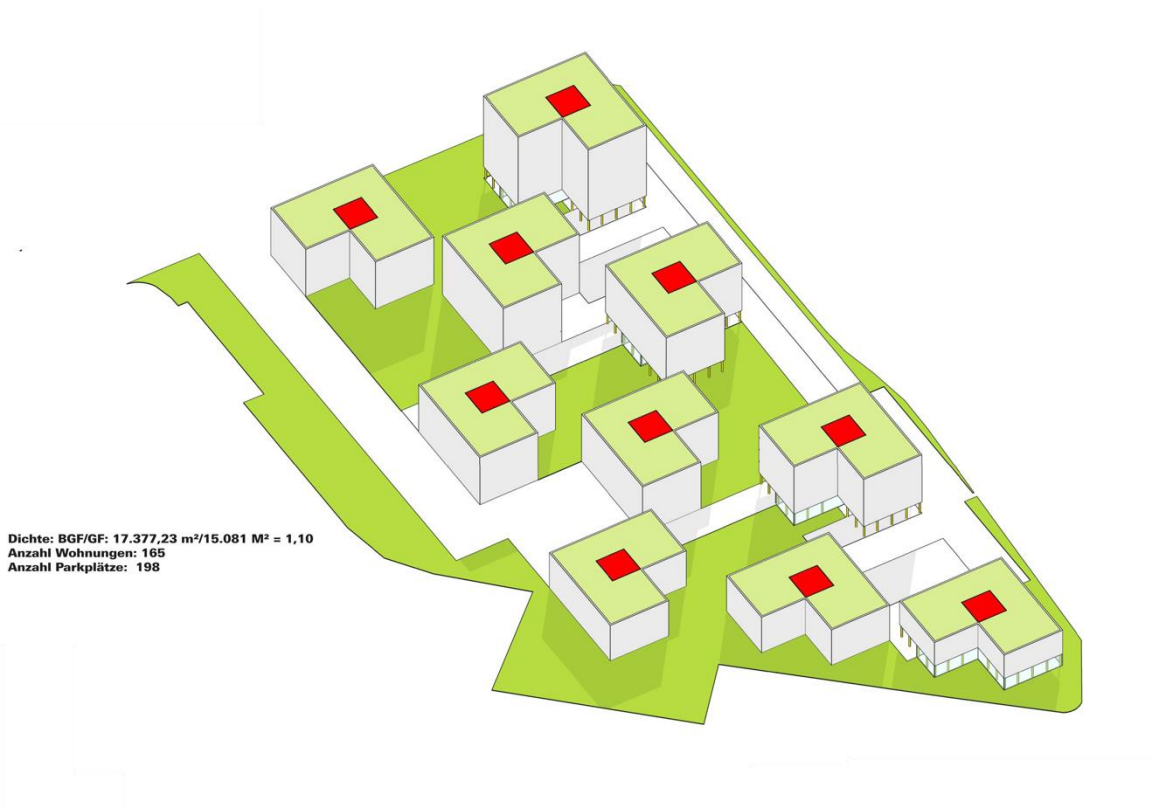


Abbildung 95 Tallinner Straße Variante kompakter L-Typ – Isometrische Darstellung

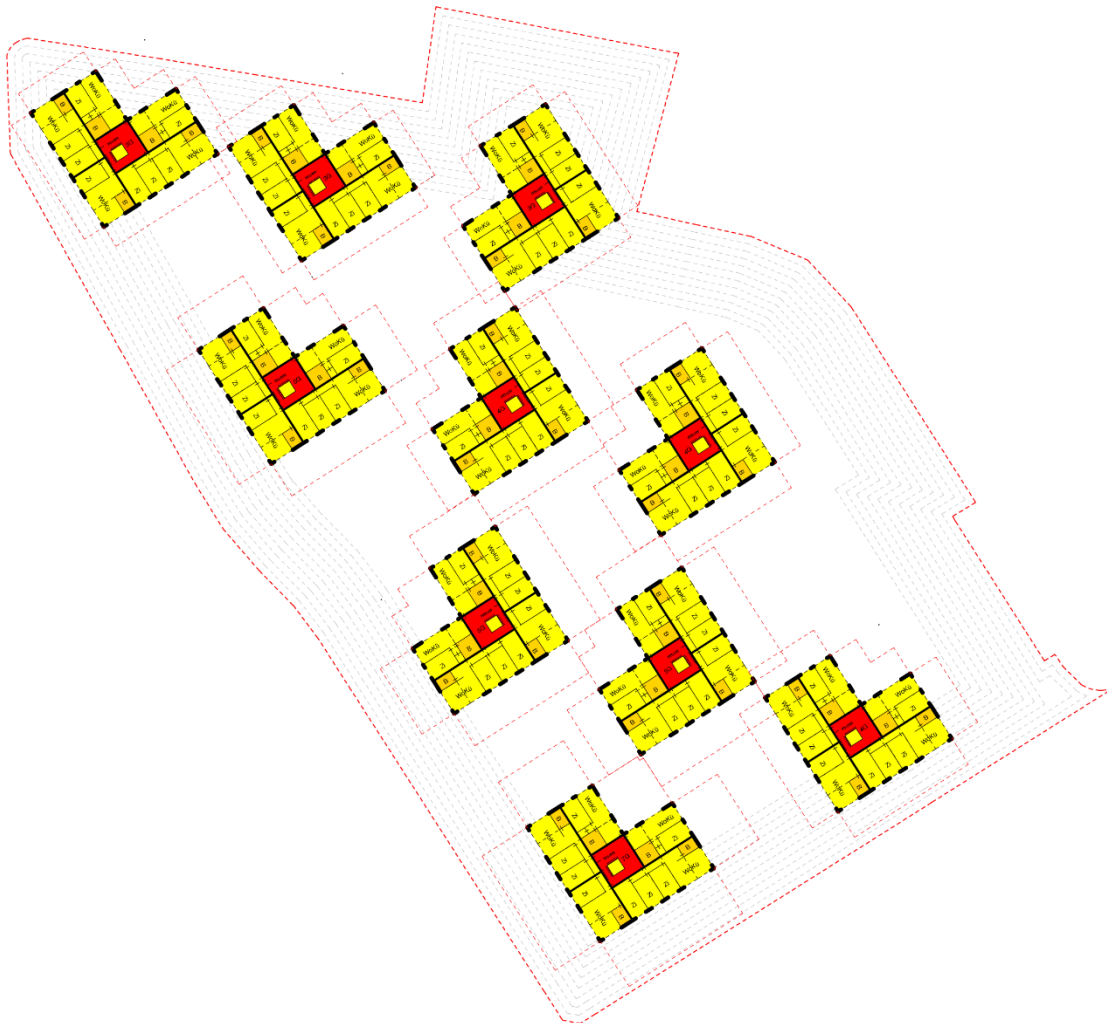


Abbildung 96 Tallinner Straße Variante kompakter L-Typ - Regelgeschoss

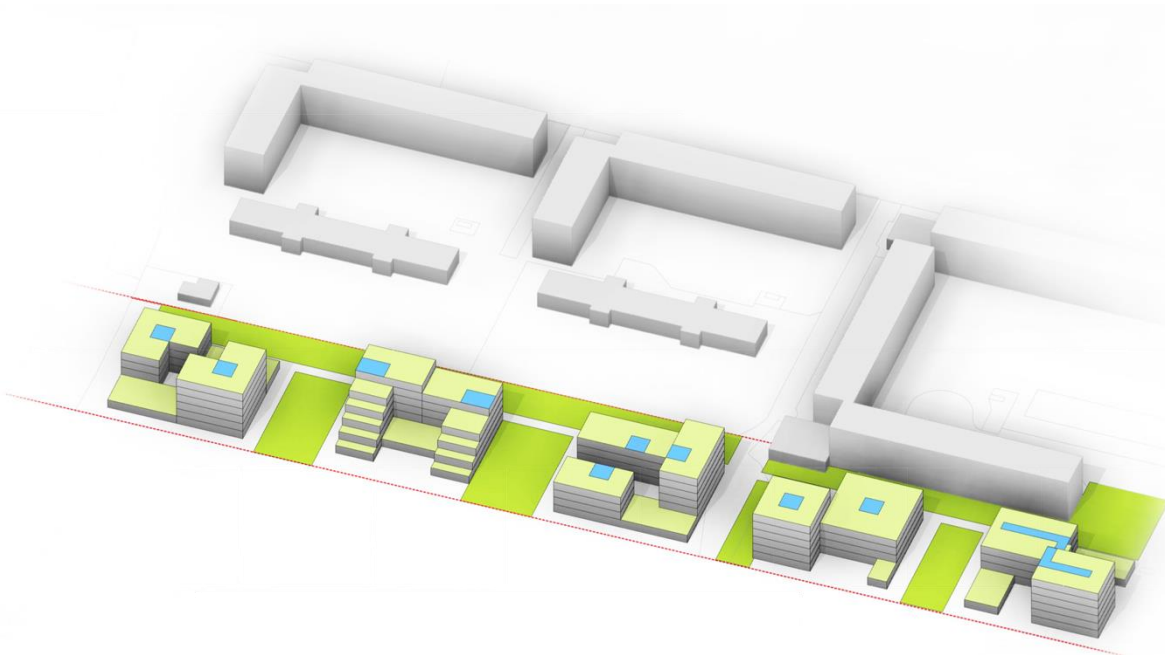


Abbildung 97 Hanoier Straße - isometrische Darstellung

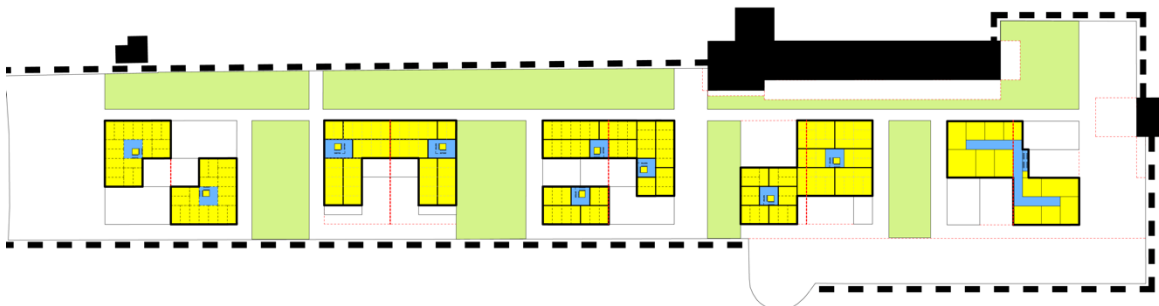


Abbildung 98 Hanoier Straße - Regelgeschoss

6 Systembad für den Systembaukasten

Moritz Segers, Fritz Frenkler

6.1 Ermittlung und Identifikation von Randbedingungen

Sanitärräume in Wohneinheiten nehmen in vielerlei Hinsicht eine Sonderstellung ein. Aus planerischer Sicht steht an vorderster Stelle die hohe technische Installationsdichte, die mit einer besonderen Sorgfalt an die Planung verbunden ist und eine präzise Abstimmung der beteiligten Fachplaner untereinander erfordert. Entsprechend hoch ist auch die Anzahl der Normen und Richtlinien, die im Planungsprozess parallel zu beachten sind. Neben den technischen Regelwerken zu Abdichtung, Brandschutz, Schallschutz, u.v.m. gibt es zahlreiche Regelungen, die direkten Einfluss auf die Grundrissgestaltung nehmen. Die Vorgaben aus der DIN 18040-2 [6.1] oder aus der VDI 6000 [6.2] fordern ausreichenden Platzbedarf in den Sanitärbereichen, während der Architekt gleichzeitig angehalten ist, sparsam mit der Wohnfläche umzugehen.

Die barrierefreie Nutzbarkeit von Bädern ist für viele Wohnungsbauprojekte eine zwingende Anforderung. Der Planer hat die Aufgabe, Bäder für die späteren Nutzer unterschiedlichen Alters und Körpergröße gleichermaßen nutzbar zu machen. Die DIN 18040-2 gibt Mindestabstände und erforderliche Bewegungsflächen vor, lässt den Planer jedoch im Unklaren, woraus diese Vorgaben resultieren und für welche Form der körperlichen Einschränkung sie erforderlich sind. Die Anforderungen aus der DIN gelten für den Wohnungsbau ebenso wie für stationäre Einrichtungen in Pflegeheimen (vgl. hierzu die Verordnung zur Ausführung des Pflege- und Wohnqualitätsgesetzes [6.3]). Die zudem fehlende Unterscheidung zwischen unterschiedlichen Graden der Körperlichen Einschränkung führt dazu, dass an den tatsächlichen Bedürfnissen der Benutzer vorbeigeplant wird [6.4]. Der aus dem gleichnamigen Forschungsprojekt hervorgegangene „ready-Standard“ [6.5] verfolgt aus diesen Gründen einen mehrstufigen und bedarfsorientierteren Ansatz. Da dieser Standard die Bedürfnisse der Nutzer genauer abbilden kann, wurde er bei den Betrachtungen zur Barrierefreiheit im Forschungsprojekt parallel zur DIN 18040-2 als Bezugsgröße angesetzt.

Die aktuell in der DIN fehlende Nachvollziehbarkeit ihrer Anforderungen führen im Planungsalltag zu Fragen wie: „Dürfen Haltegriffe oder Toilettenpapierhalter in die Bewegungsflächen hineinragen?“ oder „muss der im Gefälle ausgebildete Bereich einer Dusche identisch mit der erforderlichen Bewegungsfläche sein?“. In Folge werden barrierefreie / rollstuhlgerechte Bäder vorrangig in Hinblick

auf die strikte Einhaltung aller Regeln geplant. Nutzbarkeit und eine allgemeine Akzeptanz der Gestaltung durch alle Nutzergruppen werden zweitrangig und die Bäder erhalten einen stigmatisierenden Charakter.

Aus konstruktiver Sicht stellt das Bad hohe Anforderungen vor allem an die Oberflächen, welche die Konstruktion vor Feuchtigkeit schützen müssen und leicht zu reinigen sein sollen. Geflieste Oberflächen, die mit der Unterkonstruktion im Verbund die Abdichtung gewährleisten, haben sich als Standard etabliert. Dieser Bauteilverbund ist für die Herstellung von Bädern konstruktiv sinnvoll, wird bei Revisionierung oder Austausch von Badkomponenten jedoch meist zum Problem, da meist das ganze Bauteil (beispielsweise die gesamte Vorwand) hierfür abgebrochen werden muss. Schnell wird hier eine komplette Badsanierung zur wirtschaftlichsten Lösung obwohl nur einzelne Komponenten für die Sanierung ursächlich sind.

Für die bauliche Ausführung bedeutet die hohe Komplexität von Bädern eine hohe Dichte und häufigen Wechsel der beteiligten ausführenden Gewerke. Die VDI-Richtlinie VDI/BV-BS 6000 [6.6] zählt 12 Gewerkefolgen mit insgesamt 20 Arbeitsgängen für die konventionelle Errichtung eines Sanitär-raums. Neben langen Ausführungszeiten hat dies auch eine erhöhte Gefahr für Ausführungsfehler zur Folge und erfordert besondere Sorgfalt bei der Überwachung der Ausführung. Gerade unter diesen Gesichtspunkten ist die industrielle Vorfertigung von Bädern, abseits vom Chaos der Baustelle vorteilhaft. Für Fertigbäder haben sich, neben der ausgegliederten Turmbauweise, zwei unterschiedliche Bauarten mit jeweils eigenen Vor- und Nachteilen etabliert:

Elementierte Bauweise:

- Geeignet für Neubau und Bestandssanierungen
- Einbau ist vom Rohbauablauf entkoppelt
- Schlussmontage und Schutz des Gewerks auf der Baustelle erforderlich

Kompakte Bauweise:

- Auf der Baustelle findet nur noch der Anschluss statt - kürzere Bauzeit
- Bad ist abgeschlossenes und geschütztes Bauteil
- Einbringung ist mit dem Rohbauablauf abzustimmen
- Nur im Neubau einsetzbar

Beide Systeme haben gegenüber konventionell gebauten Bädern deutliche Vorteile in der Herstellung, können den Bauprozess verkürzen und die Kosten durch serielle Fertigung senken. In Bezug auf Nutzung, Instandhaltung und Sanierung bieten Fertigbadssysteme bis heute aber noch keinerlei Vorteile. Ein Blick in die Geschichte zeigt, dass sie unter diesen Gesichtspunkten sogar eher Nachteile aufweisen. Die monolithischen, raumoptimierten GFK-Nasszellen der 60er und 70er Jahre waren im fertig ausgebauten Zustand der Wohnungen nicht mehr austauschbar und konnten durch eine platzintensivere, konventionelle Bauweise nur umständlich ersetzt werden.

Die wirtschaftliche Gesamtnutzungsdauer von Mehrfamilienhäusern beträgt nach Sachwertrichtlinie [6.7] zwischen 60 und 80 Jahre. Bäder im Wohnungsbau werden im Schnitt bereits nach 19,2 Jahren [6.8] saniert. Rechnerisch folgen somit auf einen Bad-Neubau zwei bis drei Sanierungen. Betrachtet man also die Herstellungskosten für Bäder über die gesamte wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes, sind die Sanierungskosten hier maßgeblich. Heutige Fertigbäder werden diesem Umstand nicht gerecht, da sie im Wesentlichen nur den handwerklichen Bauprozess von der Baustelle in die Fertigungshalle verlagern und ausschließlich in Bezug auf die Herstellungskosten optimiert sind.

6.2 Kriterien für ein neues Badkonzept im industriellen Wohnungsbau

Für die Frage, wie ein Bad für den Industriellen Wohnungsbau konzipiert sein müsste, greift die Betrachtung aus der Perspektive der Herstellungsseite alleine zu kurz. Vielmehr müssen die Interessen aller Beteiligten (Wohnungswirtschaft, Planer, Hersteller, Verarbeiter, Nutzer, Wartungsfir- men, usw.) über die gesamte Nutzungsdauer des Wohngebäudes betrachtet werden. Abbildung 99 stellt die sich wiederholenden Prozesse (Herstellung, Umbauten, Sanierungen) und die damit ver- bundenen Interessen aus Sicht der unterschiedlichen Beteiligten in Bezug.

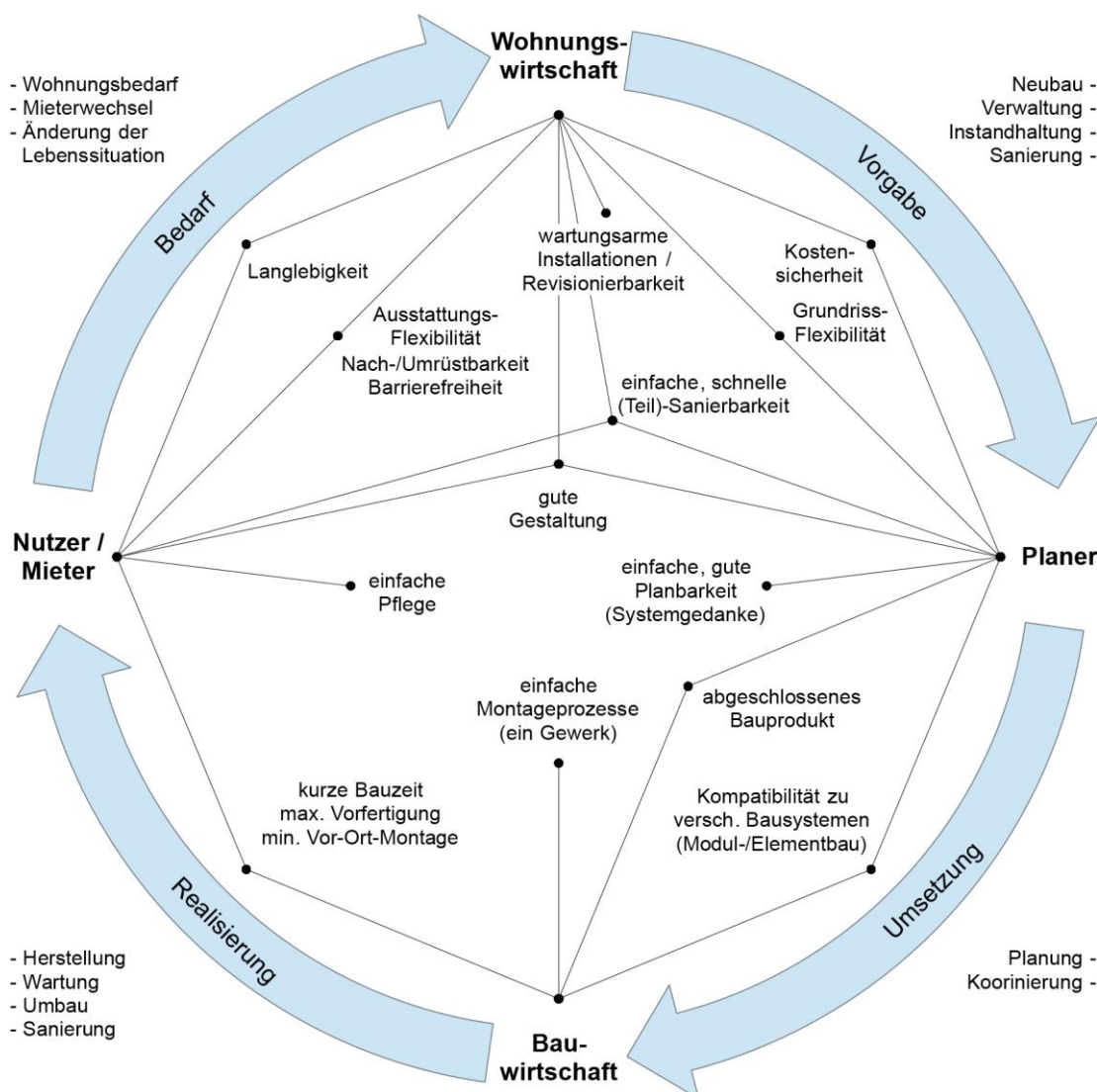


Abbildung 99 Beteiligte, Prozesse und Interessen

Aus diesen Interessen lassen sich die folgenden Anforderungen für Bäder im Industriellen Wohnungsbau ableiten:

Konzeptionelle Anforderungen

- Realisierbarkeit unterschiedlicher Badtypen
- Umbaubarkeit / Anpassbarkeit der Bäder an veränderte Nutzerbedürfnisse
- Integration von Ausstattungskomponenten (Spiegel, Ablagen, Griffe, usw.)
- schnelle Sanierbarkeit (1 Tag) einzelner Komponenten oder ganzer Bäder

Anforderungen an das Bausystem

- Elementierte Bauweise für schnelle Montage und Sanierung (Elementbauweise)
- Möglichkeit der Vormontage einer kompletten Sanitärzelle (Kompaktbauweise)
- Verzicht auf handwerkliche Arbeitsschritte zugunsten reiner Montageschritte
- Verzicht auf Materialverbund - alle Komponenten bleiben einzeln austauschbar
- Schnittstellenkompatibilität zu unterschiedlichen Bausystemen (Massiv-, Holz-, Trockenbau)

Anforderungen an die Komponenten

- langlebige und robuste Materialien
- unempfindliche, leicht zu reinigende Oberflächen
- wartungsarme Installationen und Einbauten
- Nutzung bereits existierender Standards/Produkte

6.3 Entwicklung eines modularen Baukastensystems für Bäder

Die baugruppenorientierte Planung (siehe Kapitel 4.4.1) ermöglicht die Realisierung einer Vielzahl von Gebäude- und Wohnungstypen. Entsprechend groß ist die Anzahl der erforderlichen Badgrößen und -typen mit unterschiedlicher Ausstattung und unterschiedlicher Erschließungssituation, die im Systembaukasten abgebildet werden müssen. Dem gegenüber steht der Wunsch nach dem Bad als universale, einheitliche, wiederholbare und planerisch abgeschlossene Einheit. Modulare Systeme können diese beiden widersprüchlichen Positionen vereinen. Sie bieten mit Ihren festgelegten Komponenten und Schnittstellen abgeschlossene, serielle Einheiten und können gleichzeitig durch die unterschiedliche Kombination der Elemente Vielfalt ermöglichen und auf individuelle Situationen reagieren.

6.3.1 Modulare Ordnung

Ein Beispiel für modulare Systeme innerhalb von Wohnungen sind Küchen. Die einzelnen Funktionseinheiten (Backofen, Schrank, Spüle, usw.) sind additiv aneinandergesetzt und können durch eine festgelegte, einheitliche Maßsystematik für die jeweilige Situation geplant werden. Nach diesem Prinzip können die Funktionseinheiten von Sanitärräumen, bestehend aus Sanitärgegenstand, Wandpaneel und Unterputzelement (z.B. Spülkasten, Siphon) ebenfalls zu Funktionseinheiten zusammengefasst werden.

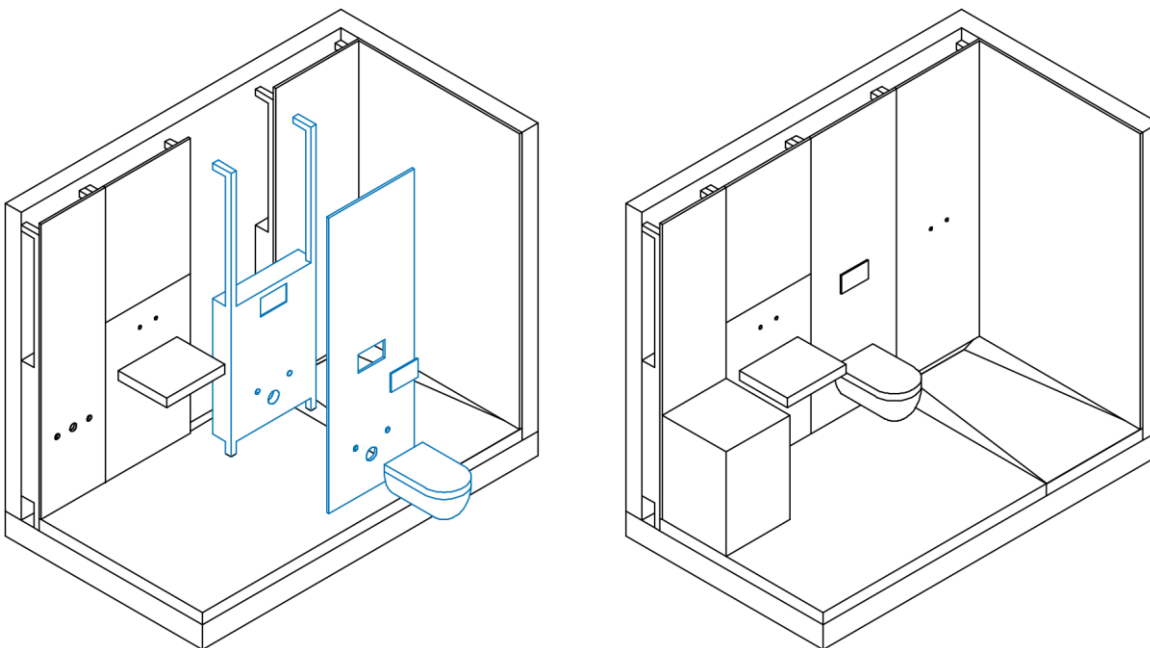


Abbildung 100 Zusammenfassung von Sanitärgegenstand, Wandoberfläche und UP-Technik zu Funktionseinheiten

Sind es bei Wohnküchen die Funktionselemente als Objekte, welche die Maßsystematik vorgeben, so sind bei Bädern Mindestabstände und Bewegungsflächen maßgeblich. Es ist daher sinnvoll, Raummaße anstelle von Objektmaßen vorzugeben.

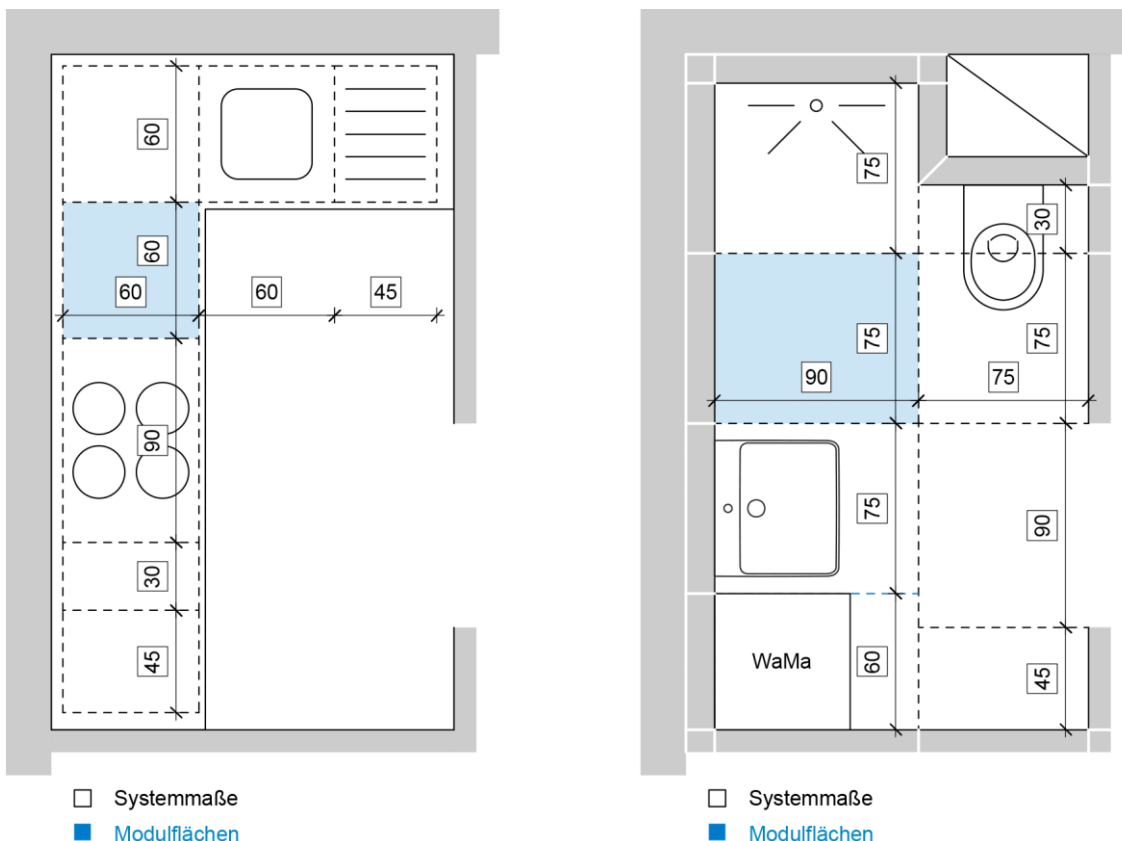
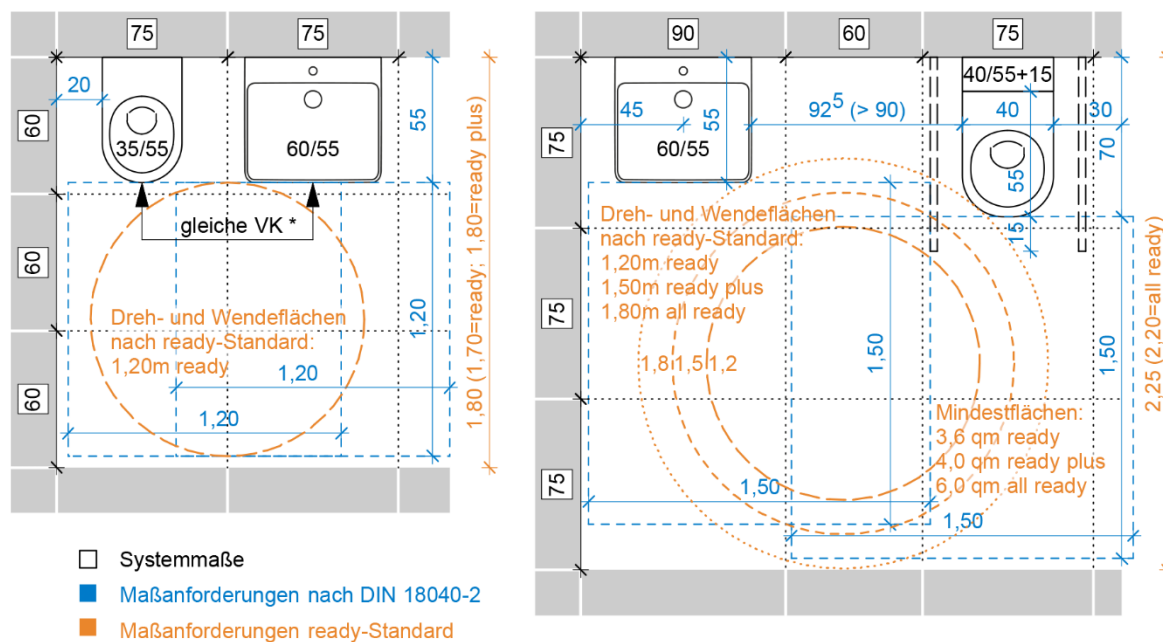


Abbildung 101 Modulsystematik Küchen und Bäder M 1:33

Für die Entwicklung einer Maßsystematik für Bäder wurden insbesondere die nachfolgenden Maßvorgaben berücksichtigt und einbezogen:

- Bewegungsflächen nach DIN 18040-2 und ready-Standard
- Mindestwandlängen und Mindestgrundflächen nach ready-Standard (SIA)
- Abmessungen der Sanitäröbekte nach VDI 6000 und Produkten am Markt
- seitliche Abstände und Vorgaben zu Achsabständen nach DIN 18040-2

Die nachfolgende Darstellung zeigt, dass eine Modulmaß-Rasterung in 15 cm Einheiten (30, 45, 60, 75 und 90 cm) die genannten Maßvorgaben vollständig erfüllen kann ohne dass durch die starre modulare Rasterung unnötig Fläche benötigt wird. Dargestellt sind die Maßvorgaben in einem modular gerasterten Bad für eine barrierefreie (links) und eine rollstuhlgerechte Ausführung (rechts).



* Sanitärobjekte mit gleicher Tiefe ermöglichen die Überschneidung der Bewegungsflächen
 Beispiel: WC Keramag Renova Nr. 1 B/T=35/55 Waschtisch Laufen Pro Liberty 1 B/T=60/55

Abbildung 102 Überprüfung der Modulgrößen mit Maßanforderungen nach DIN 18040-2 und ready-Studie M1:33

Aus diesen Untersuchungen wurde ein Katalog modularer Bad-Elemente entwickelt (vgl. Abbildung 103). Mit diesen Elementen wurden nachfolgend unterschiedliche Badtypen im Referenzgebäude geplant und auf barrierefreie Nutzbarkeit und Platzbedarf überprüft (siehe Kapitel 6.4). Für die Bad-Elemente des Katalogs wurden zunächst folgende Festlegungen getroffen:

- Feste Modulbreiten: 30, 45, 60, 75 und 90 cm
- Installationen nur in den Elementbreiten 60, 75 und 90 cm
- Feste Raumhöhe 2,35 m. Ausgleich zum Bausystem erfolgt über die abg. Decke
- Elemente raumhoch oder 1,00 m mit Oberschrank für Breiten 60, 75 und 90 cm
- Oberkante Fußboden barrierefrei: -2 cm OKFF Wohnbereich

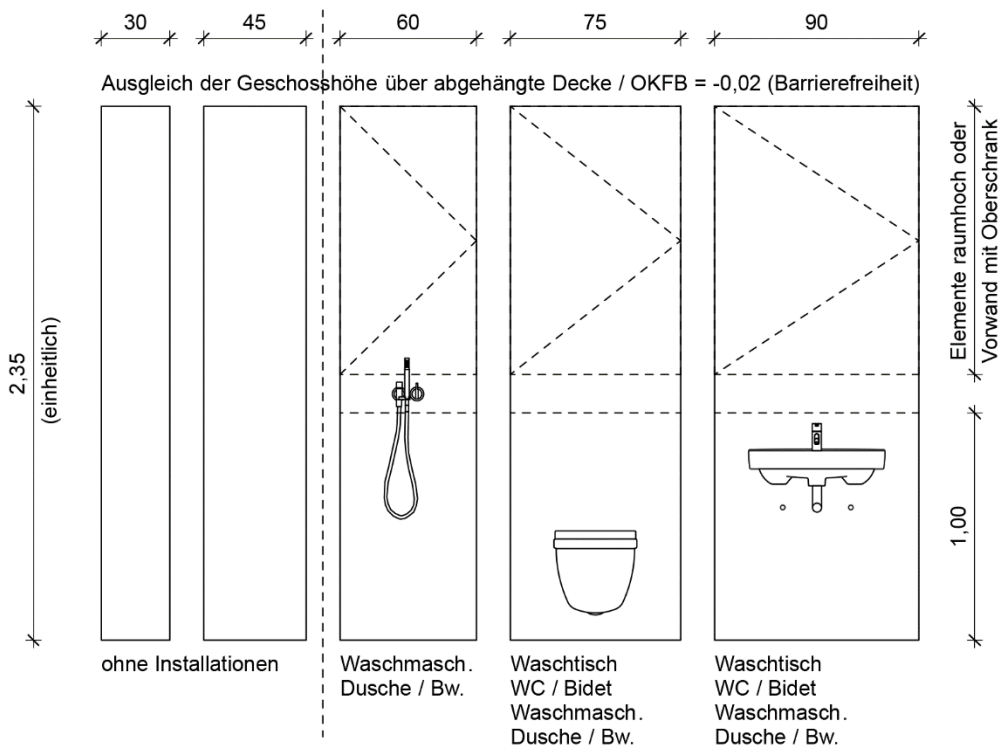
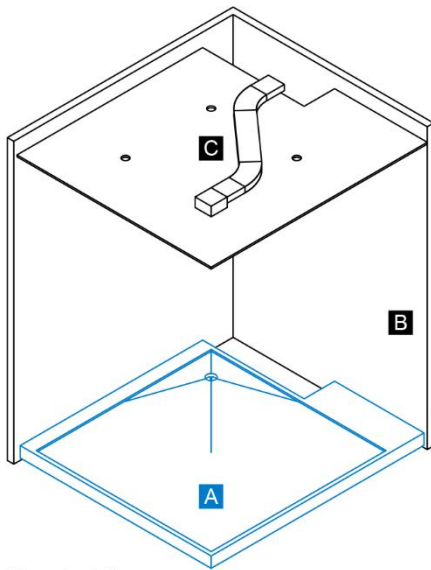


Abbildung 103 Katalog modularer Elemente – Ansicht der Wandpaneele M 1:33

6.3.2 Konstruktiver Aufbau

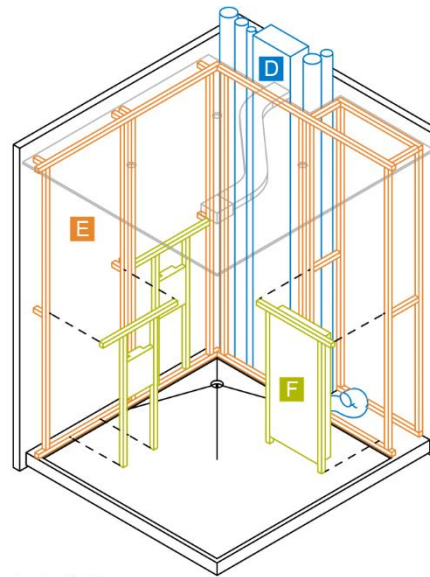
Für jeden erforderlichen Badtyp wird zunächst ein Bodenelement als konstruktiv tragende, vollflächige Wanne mit Gefälle und Bodenablauf entwickelt. Für eine kompakte Bauweise werden Wandelemente des jeweilig eingesetzten Bausystems (Furnierschichtholz, Trockenbau, Stahlbeton, usw.) an dem Bodenelement befestigt. Bodenelement und Wände bilden dann die statische Grundkonstruktion für den späteren Einbau der Badzelle auf der Baustelle. Für eine elementierte Bauweise (z.B. in einem Raummodul) wird das Bodenelement direkt zwischen den Rohbauwänden eingebracht. Die nachfolgend montierte, abgehängte Decke ermöglicht den Ausgleich zwischen der individuellen Geschosshöhe und der einheitlichen Raumhöhe der Bad-Elemente. Als letztes, im Bad verbautes „individuelles“ Bauteil erlaubt die Decke Installationen für Lüftung und Beleuchtung.

Ein gängiges, reversibles Installationssystem (z.B. Geberit GIS oder TECE-System) bildet die Schnittstelle zwischen den technischen Installationen und den modularen Bad-Elementen. Es erfolgt die Installation der Schächte und der Einbau und Anschluss der vorgefertigten Unterputzkomponenten für die jeweiligen Bad-Elemente.



Konstruktion

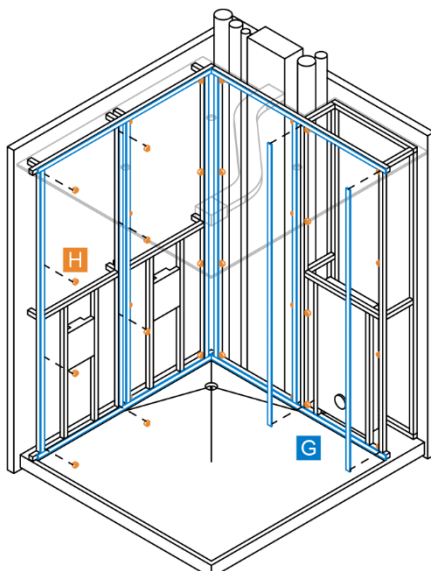
- A - Bodenelement als vollflächige Duschwanne (Beton)
- B - Wandelemente nach Bausystem (z.B. Massivholzbau)
- C - Abgehängte Decke nach Bausystem



Installation

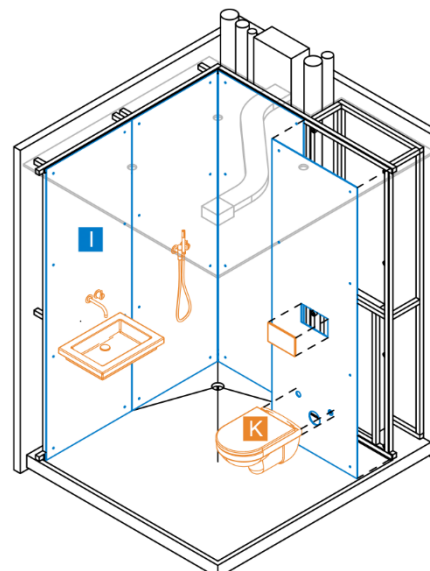
- D - Schacht und Anschlüsse
- E - Installationssystem z.B. Geberit GIS o. TECE
- F - UP-Vorrichtung für Sanitärgegenstände

Das Installationssystem wird um passende Dichtungsprofile und Konsolen für die Aufnahme von Punkthalten, wie sie im Fassadenbau bereits eingesetzt werden, erweitert. Im Anschluss können so die Wandpaneele aus ESG, Acryl oder Kompaktplatten zusammen mit den Armaturen und Sanitärgegenständen spritzwasserdicht montiert werden.



Abdichtung

- G - Abdichtungsprofile
- H - Punkthalterungen



Oberflächen

- I - Wandpaneele aus ESG, Acryl, Kompaktplatten
- K - Armaturen und Sanitärgegenstände

Der Einsatz der großformatigen Wandpaneele ermöglicht den Verzicht auf zahlreiche handwerkliche Arbeitsschritte unterschiedlicher Gewerke: Trockenbau (mit Spachteln und Schleifen), Elektro- und

Sanitardurchführungen, Abdichtung, Fliesenlegerarbeiten, Verfugung. Diese werden durch einen reinen Montageprozess ersetzt. Gleichzeitig wird durch die reversible Befestigungsart, eine langfristige Revisionsbarkeit, Austauschbarkeit und Umbaubarkeit der Badmodule gewährleistet.

6.3.3 Systematik für die Planung von Systembädern

Um eine Systematik für die Planung von Bädern nach diesem Prinzip erstellen zu können, wurde ein detaillierter konstruktiver Aufbau entwickelt. Der nachfolgende Horizontalschnitt zeigt den detaillierten Aufbau an geometrisch relevanten Punkten.

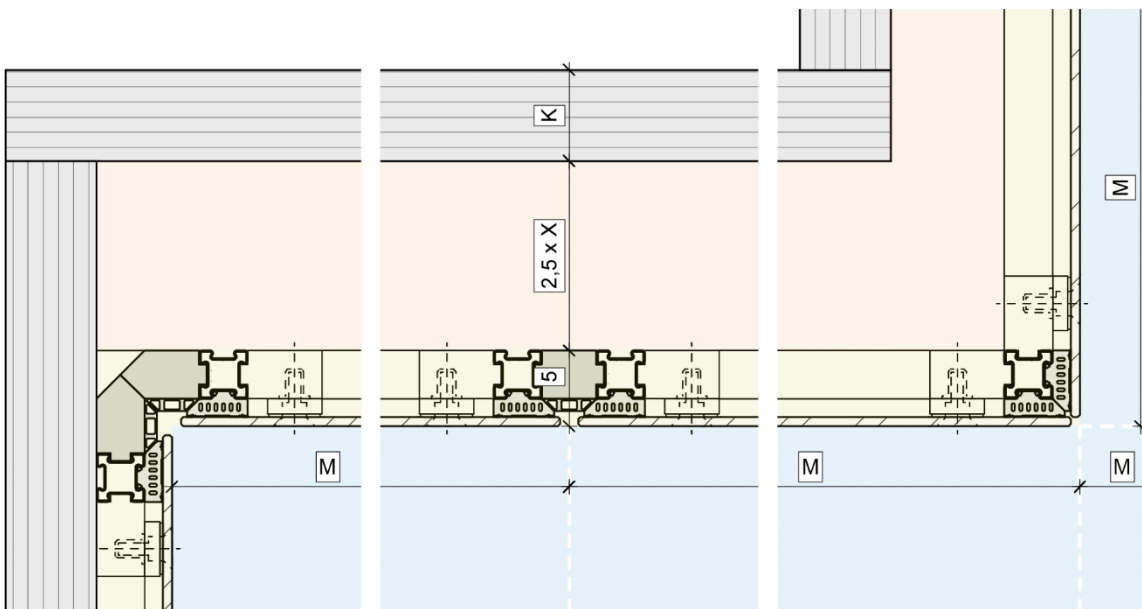


Abbildung 104 Detailausbildung mit Darstellung der Schichten - Innenecke, Modulstoß, Außenecke M 1:5

Aus diesem Aufbau ergeben sich folgenden Schichten (von außen nach innen):

- Bausystem Wandstärke abhängig vom Bausystem
- Installation Stärke flexibel in 2,5 cm Schritten
(z.B. DN 50=7,5 cm, DN 100=12,5 cm)
- Konstruktion einheitliche Stärke 5 cm
- Modulfläche Flächen im Rastermaß (30, 45, 60, 75 oder 90 cm)

Aus den hieraus ermittelten Abmessungen für Konstruktion und Installation wurde anschließend eine Systematik ermittelt, welche die Planung von Bädern in einem größeren Maßstab erlaubt. Die letzte verbleibende Variable für die Planung ist die jeweils erforderliche Installationstiefe. Diese wird durch die notwendigen Leitungsdimensionen, Schachtdimensionen und die Installationstiefe

der Sanitärelemente selbst ermittelt. Anschließend lassen sich Bäder bereits im Maßstab 1:100 millimetergenau planen.

6.4 Überprüfung des Konzepts durch Planung von Badtypen für das Referenzgebäude

Nach diesem System wurden unterschiedliche Badtypen für die beiden Referenzgebäude entwickelt und anschließend auf die Einhaltung der unterschiedlichen Vorgaben für eine barrierefreie Nutzung nach DIN 18040-2 und ready-Standard ausgewertet (vgl. Abbildung 105). Die einzelnen Badtypen sind im Anhang C dargestellt.

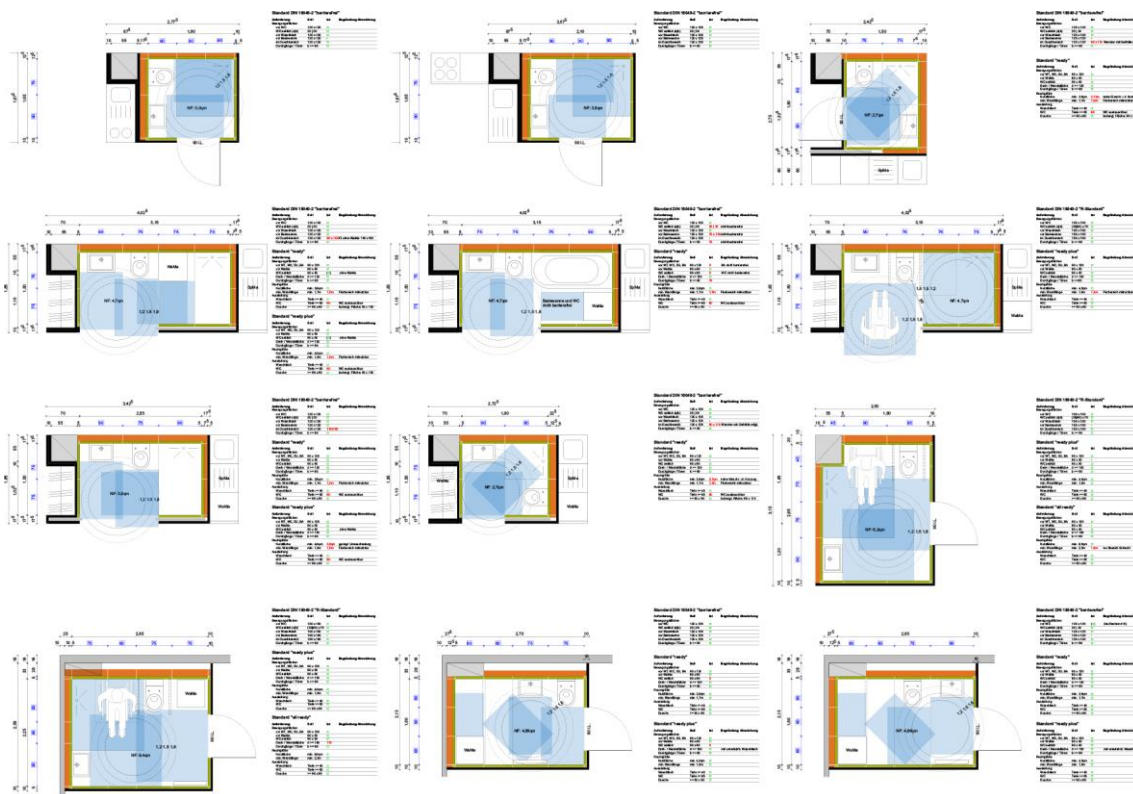


Abbildung 105 Übersicht der für die Referenzgebäude entwickelten Badgrundrisse

Für die Referenzgebäude im Bausystem Flächenelemente wurde im Rahmen des Forschungsprojektes ein Badtyp entwickelt, der bei einem geringen Grundflächenverbrauch ein hohes Maß an Anpassbarkeit für unterschiedliche Nutzungsanforderungen erlaubt.

In seiner *Grundkonfiguration* (Abbildung 106) ist das Bad mit Waschtisch, WC und Dusche ausgestattet, erfüllt alle Anforderungen aus der DIN 18040-2 und ist somit uneingeschränkt barrierefrei. Wird das WC durch ein rollstuhlgerechtes WC mit Stützklappgriffen ersetzt, erfüllt der Badtyp zudem

auch alle Anforderungen nach R-Standard. Möglich ist dies durch den Einsatz der großformatigen Schiebetüre, welche die Bewegungsfläche um den Flurbereich der Wohnung erweitert.

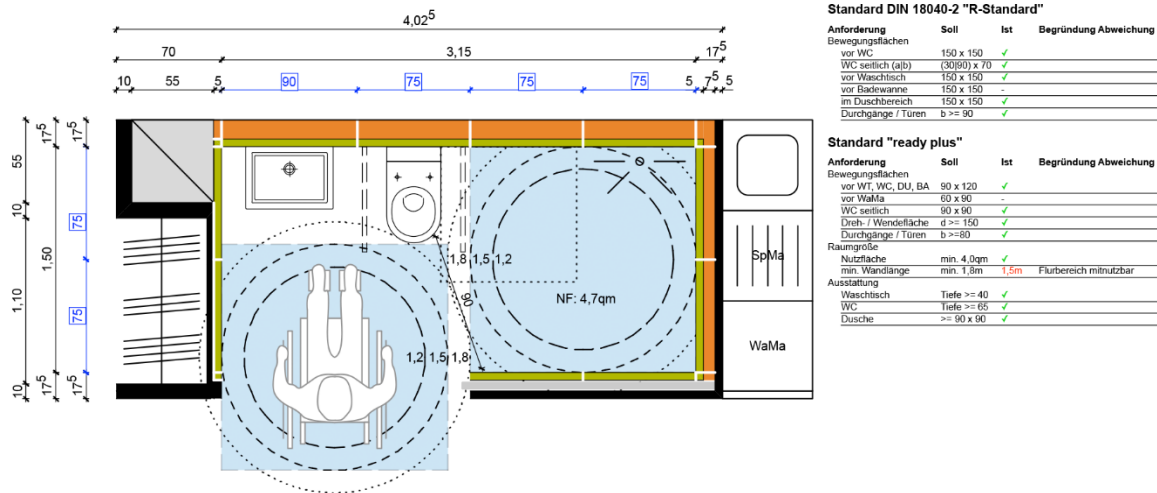


Abbildung 106 Bad Referenzgebäude Bausystem Flächenelemente – Grundkonfiguration mit Darstellung der möglichen, rollstuhlgerechten Nutzung - M 1:50

Ist eine barrierefreie Nutzbarkeit des Bades in der jeweiligen Lebenssituation des Nutzers nicht vollumfängliche erforderlich, so kann der Duschbereich zugunsten eines zusätzlichen Waschmaschinenstellplatzes verkleinert werden. In dieser *Kompaktkonfiguration* (Abbildung 107) unterschreitet das Bad im Hinblick auf die Abmessungen der Bewegungsflächen die Vorgaben nach DIN 18040-2, erfüllt die Vorgaben an Bewegungsflächen nach ready-Standard jedoch immer noch vollständig. Nach ready-Standard wäre hingegen die Länge der kurzen Seitenwand mit 1,50 m unzureichend. In der DIN ist eine solche Forderung nicht vorhanden. Obwohl das Bad in der *Kompaktkonfiguration* keinen der beiden Standards in allen Punkten erfüllt, ist es dennoch mit einer Gehhilfe nutzbar [6.5, S.11] und daher mindestens als besuchsg geeignet einzustufen. Diese Konfiguration stellt einen alltagstauglichen Kompromiss aus barrierefreier Nutzbarkeit und wirtschaftlicher Flächenausnutzung dar. Die Herstellung der vollumfänglichen Barrierefreiheit ist bei Bedarf jederzeit mit geringem Umbauaufwand möglich.

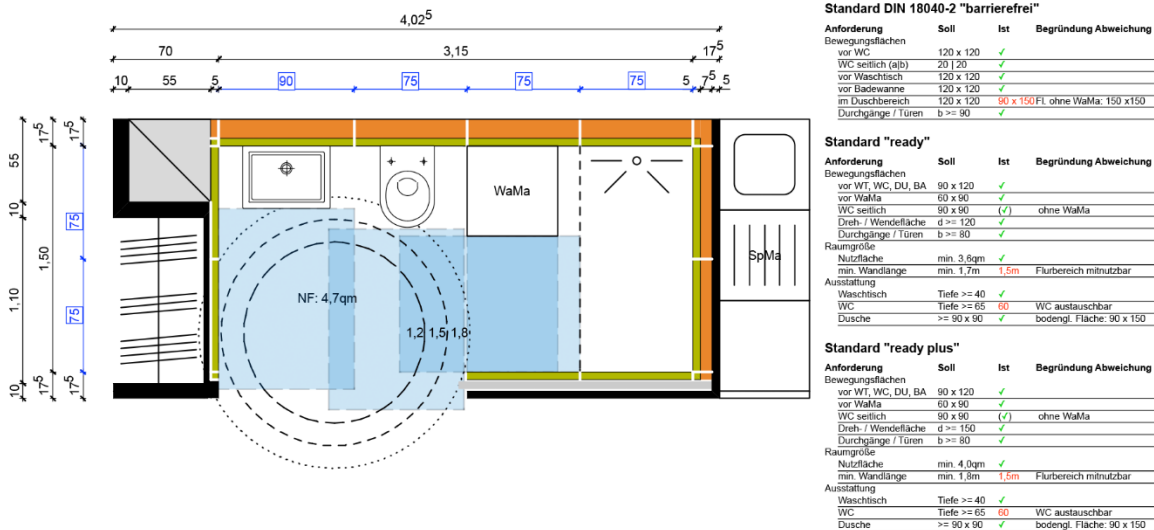


Abbildung 107 Bad Referenzgebäude Bausystem Flächenelemente – Kompaktkonfiguration - M 1:50

Erlaubt es die Lebenssituation der Nutzer auf Barrierefreiheit im Bad zu verzichten (z.B. junge Familien), so ist auch die Ausstattung mit einer Badewanne anstelle einer Dusche möglich. Dieser *Maximalkonfiguration* (Abbildung 108) bietet ebenfalls Platz für die Aufstellung einer Waschmaschine.

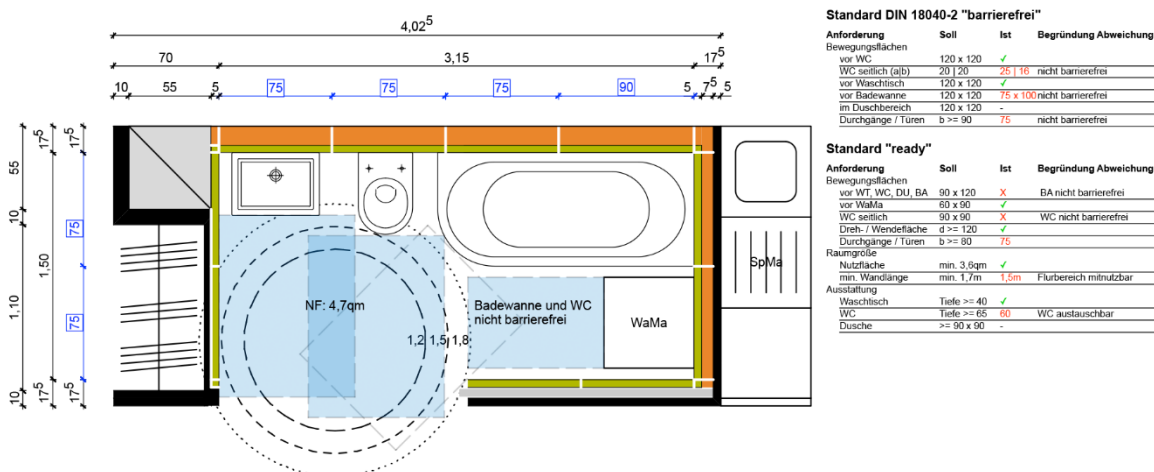


Abbildung 108 Bad Referenzgebäude Bausystem Flächenelemente – Maximalkonfiguration - M 1:50

Der beispielhafte Badtyp zeigt in seinen unterschiedlichen Konfigurationen, wie ein modular aufgebautes Bad sich den verändernden Bedürfnissen seiner Benutzer anpassen kann und welche Vorteile sich dadurch für die Anwendung im Wohnungsbau ergeben.

In der weiteren Ausarbeitung wurden die Sanitärmodule durch zusätzliche Elemente, wie Haltegriffe, Haken und Spiegelschränke erweitert. Um Sonderlösungen für unterschiedliche Nutzergruppen zu

vermeiden, wurden Höhen und Abmessungen so gewählt, dass Sie auch für körperlich eingeschränkte Bewohner nutzbar sind. Auch in der rollstuhlgerechten Ausführung wird auf Sonderelemente verzichtet um eine Stigmatisierung der Nutzer zu vermeiden. Farbliche Kontraste z.B. zwischen Sanitärgegenständen und Wandpaneelen helfen sehbehinderten und dementen Benutzern bei der Orientierung.

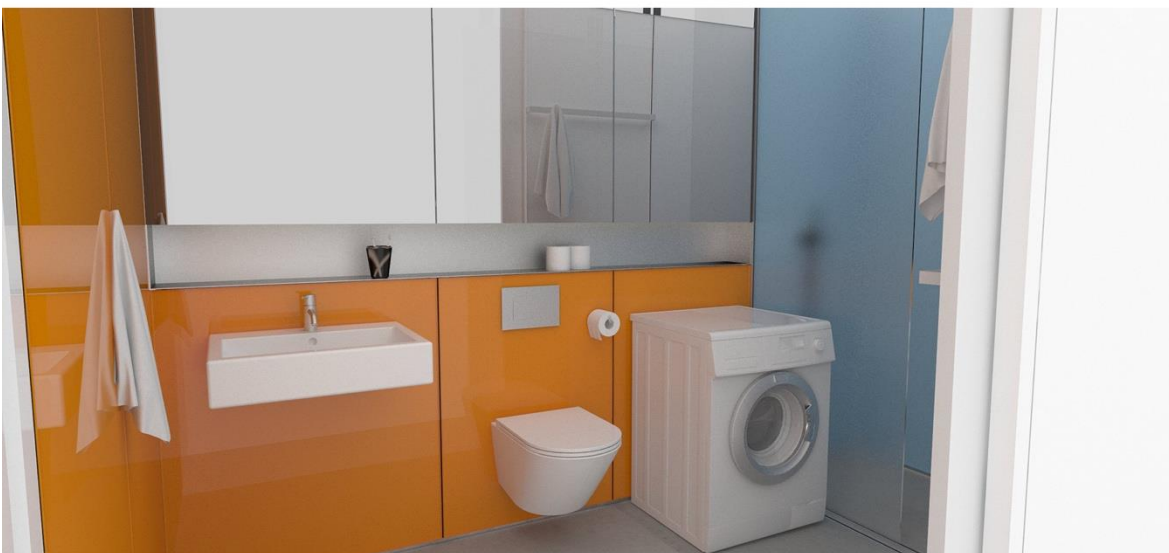


Abbildung 109 Visualisierung - oben: Grundkonfiguration in rollstuhlgerechter Ausführung - unten: Kompaktkonfiguration

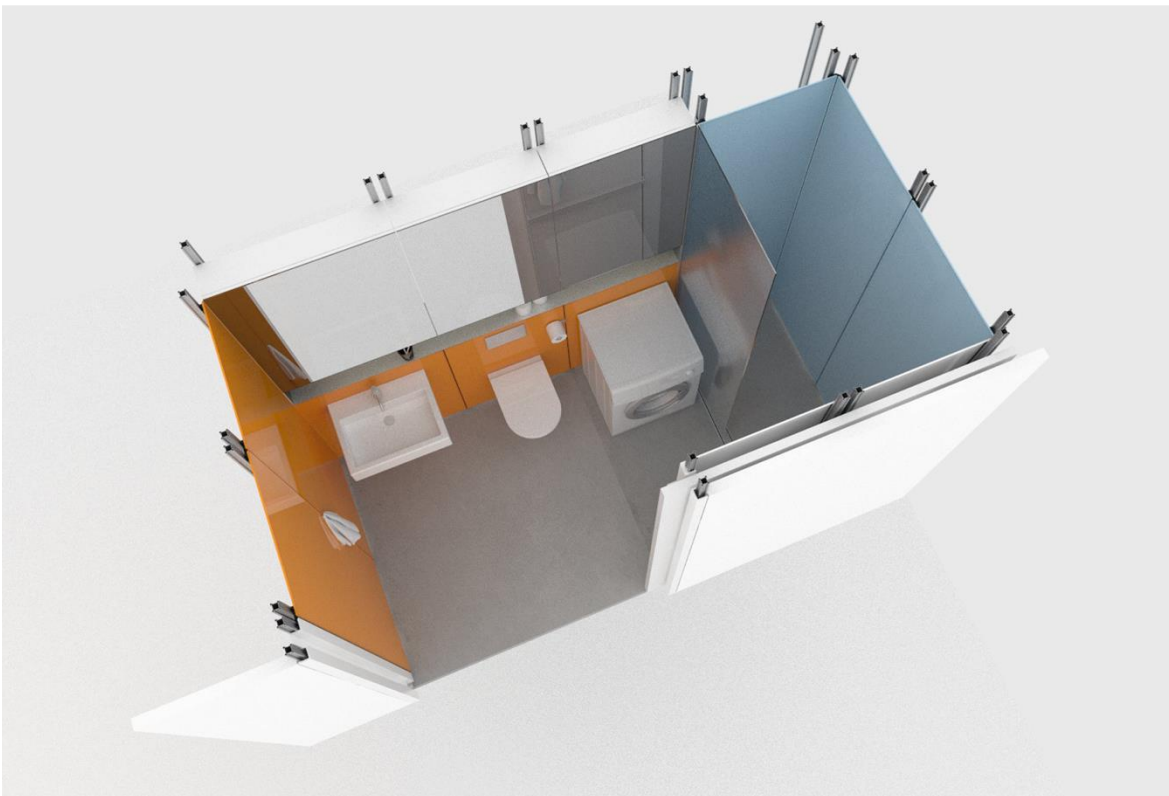
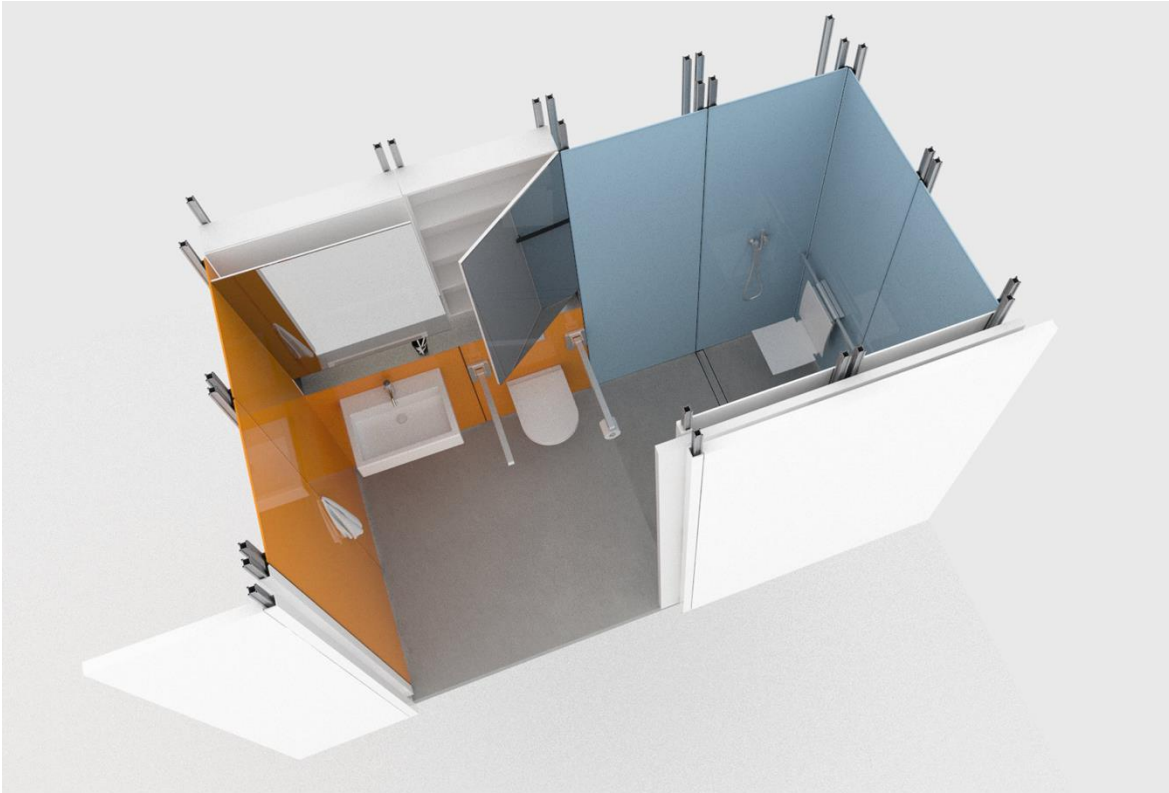


Abbildung 110 Visualisierung - oben: Grundkonfiguration in rollstuhlgerechter Ausführung - unten: Kompaktkonfiguration

7 Technische Gebäudeausrüstung und Energieplanung für den mehrgeschossigen sozialen Wohnungsbau

Lukas Lauss, Johanne Schöner, Rafael Gramm, Ernest Berghofer, Thomas Auer, Thomas Kirmayr

7.1 Einleitung

In diesem Kapitel wird die energetische Konzipierung der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) und Energieplanung für den Systembaukasten beschrieben. Dabei werden folgende Bereiche der Versorgungstechnik untersucht:

- Heizungs- und Wärmetechnik
- Raumluftechnik
- Sanitärtechnik
- Elektrotechnik
- Mess-, Steuer- und Regelungstechnik

Der Schwerpunkt liegt in den Bereichen der Heizungstechnik zur Raumwärmeversorgung und zur Bereitstellung von Trinkwarmwasser, der Wasserver- und Entsorgung bzw. der Sanitärtechnik, der Lüftungstechnik für die Frischluftversorgung und Lüftung zum Feuchteschutz sowie der Elektrotechnik.

Um die durchgeführten Planungen nicht nur in Bezug zum sozialen Wohnungsbau, sondern auch zum industriellen Bauen setzen zu können, werden wie in Abbildung 111 abgebildeten, TGA-Zonen definiert. Dieser Schritt soll die wesentlichen Erkenntnisse und Planungsaspekte der in diesem Kapitel erarbeiteten Ergebnisse zusammenfassen und eine gesamtheitliche Betrachtung ermöglichen. Daraus lassen sich die Wechselwirkungen zwischen den durchgeführten Planungen und allgemeingültigen Schlussfolgerungen für ein nachhaltiges TGA-Konzept für den Systembaukasten des industrialisierten, sozialen Wohnungsbaus aufzeigen.

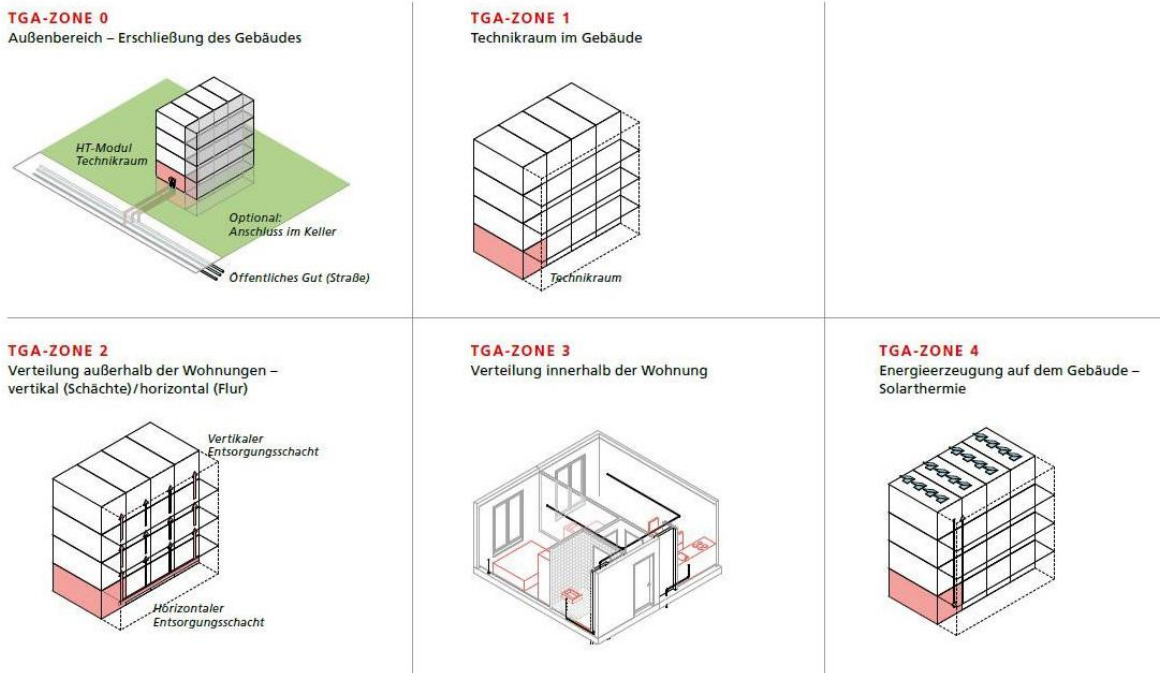


Abbildung 111 Grafische Darstellung der definierten TGA-Zonen

Die untenstehende Tabelle 10 erläutert die abgebildeten TGA-Zonen und beschreibt diese anhand konkreter Beispiele bzw. Anwendungsfälle.

Tabelle 10 Beschreibung der definierten TGA-Zonen

TGA-Zone	Beschreibung	Anwendung/Beispiele
0	Erschließung des Gebäudes	Gasanschluss, Fernwärmeleitungen, Wasserversorgung, Abwasser, Strom
1	Technikraum im Gebäude	Heizungskeller, Lüftungszentrale
2	Vertikale und horizontale Verteilung außerhalb der Wohnungen	Technikschacht, Flure
3	Verteilung innerhalb der Wohnung inkl. Einrichtungsgegenstände	Versorgungspanel, Wärmeabgabesysteme, Sanitärgegenstände
4	Gebäudeintegrierte Energieerzeugung	Solarthermie, Photovoltaik

7.2 Ermittlung und Identifikation von Randbedingungen

Energieeffiziente Gebäudetechnik und nachhaltige Energieplanung sind die entscheidenden Aspekte für eine optimierte Gebäude-Performance. Unter Berücksichtigung dieser wesentlichen Plankriterien kann ein geringer Endenergieverbrauch und eine Kostenreduktion im Gebäudebetrieb erreicht werden. Das angestrebte Ziel im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ist es, ein nachhaltiges Energiekonzept für den mehrgeschossigen, sozialen Wohnungsbau unter Berücksichtigung der Aspekte des seriellen Bauens zu entwickeln. Dabei wird durch standardisierte und industriell vorgefertigte Einzelkomponenten ein modularisierter Aufbau angestrebt, um in der Errichtung sowie Instandhaltung und Instandsetzung maximale Kostensenkungen generieren zu können.

Die Randbedingungen der technischen Gebäudeausrüstung ergeben sich einerseits aus den Anforderungen des sozialen Wohnungsbaus und andererseits aus den Kriterien für einen hohen Vorfertigungsgrad bzw. der Planbarkeit in Bausystemen. Es resultieren daraus folgende konkrete Erwartungen an die Energieplanung:

- ein möglichst geringer Wartungsaufwand der TGA-Komponenten während der Nutzungsphase
- die Reversibilität der Versorgungseinheiten
- die Integration der Technik in die Vorfertigung
- die Vereinheitlichung und Vereinfachung der Energieversorgungssysteme und der damit einhergehende sinkende Planungsaufwand bzw. geringe Baukosten.

Das folgende Kapitel zur Systementwicklung der TGA untersucht verschiedene Versorgungsvarianten für die Bereiche der Energieumwandlung, der Energieverteilung, der Energiebereitstellung und der Energieabgabe. Des Weiteren werden dazugehörige Betrachtungen von Ortswahl bzw. Größe der Komponenten und Anlagen vorgenommen. Darauf aufbauend wird die Planung von Technikzentralen durchgeführt, um deren notwendigen Flächenbedarf und in weiterer Folge das Investitionsvolumen der Komponenten berechnen zu können. Bei den vorliegenden Energiekonzepten werden die Abstimmung und die Optimierung der Energiebereitstellung und des Energiebedarfs unter den Gesichtspunkten der Effizienz und der Nachhaltigkeit in den Mittelpunkt gerückt. Neben innovativen und zukunftsfähigen Aspekten wird zudem auch eine technisch und wirtschaftlich realisierbare Energieversorgung anhand einer beispielhaften Umsetzung in den Referenzgebäuden aufgezeigt. Die Rückkopplung, aus den in diesem Kapitel durchgeführten Untersuchungen, hinsichtlich Kostensenkungen und Skaleneffekten wird in Kapitel 9 durchgeführt. Um das Energiekonzept ganzheitlich betrachten zu können, werden die Energieflüsse in den folgenden Bereichen betrachtet:

- Heizungs- und Wärmetechnik (Erzeugung, Umwandlung, Bereitstellung, Verteilung, Abgabe)
- Sanitärtechnik und Trinkwarmwasser (Erzeugung, Umwandlung, Bereitstellung, Verteilung, Abgabe)
- Lüftungstechnik (Bereitstellung von Frischluft, Lüftung zum Feuchteschutz)
- Elektrotechnik (Erzeugung, Umwandlung, Bereitstellung, Verteilung, Abgabe)

7.3 Wohnraumlüftung – Lüftung zum Feuchteschutz

Eine wichtige und viel diskutierte Komponente bei der Planung technischer Gebäudeausrüstung für den mehrgeschossigen Wohnungsbau ist die Wohnraumlüftung. Insbesondere die Frage nach der Notwendigkeit einer mechanischen Lüftung zur Sicherstellung des Bautenschutzes bzw. zur Vermeidung möglicher Überfeuchtung von Bauteilen (Feuchteschutz) steht hierbei im Fokus. Das vorliegende Kapitel 7.3 beschäftigt sich mit dem notwendigen Mindest-Luftwechsel zum Schutz der Bausubstanz und wird im Rahmen einer gesonderten Untersuchung unter Bezugnahme der vorliegenden Grundrisse aus den Referenzgebäuden bzw. Belegungsdichten ermittelt.

7.3.1 Hintergrund der Untersuchungen

Hintergrund aller folgenden Untersuchungen und Argumentationsansätze bildet die Tatsache, dass eine hohe Feuchtebelastung der Raumluft zu einem kritisch hohen Schimmelrisiko in Kombination mit niedrigen Oberflächentemperaturen führen kann und damit sowohl für die Bewohner als auch für die Bausubstanz Schimmelpilz-geschuldete Probleme auftreten können.

Die DIN 1946-6 "Raumlüftungstechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen" [7.1] verlangt demnach, dass eine freie und ventilatorgestützte Lüftung nutzerunabhängig dauernd sichergestellt sein muss. Im rechtlichen Sinne verlagert sich dadurch die Verantwortung einer ausreichenden Lüftungsstrategie auf den Planer bzw. auf den Vermieter, woraus für diese ein Haftungsrisiko im Schadensfall resultiert.

Der soziale Wohnungsbau ist raumklimatisch von hohen Belegungsdichten geprägt. Zeitgleich besteht für den mehrgeschossigen Wohnungsbau eine besonders kritische Feuchtequelle - die Trocknung von Wäsche -, wenn diese innerhalb der Wohnungseinheit geschieht, was zu einer besonderen Feuchtebelastung der Raumluft führt.

In Verbindung mit geltenden energetischen Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung an eine besonders luftdichte Bauweise ist dem Feuchteschutz im sozialen Wohnungsbau demnach eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Im Sinne des industrialisierten Bauens wird zudem die größtmögliche Standardisierung der Gebäudeausrüstung angestrebt. Eine individuelle Planung von Wohnraumlüftungsanlagen soll daher weitestgehend durch eine entsprechend allgemeingültige Planung für den Systembaukasten ersetzt werden.

7.3.2 Baurechtliche und normative Anforderungen

Es sind für die normgerechte Planung der Wohnraumlüftung grundsätzlich zwei Vorschriften zu benennen.

Die oben genannte DIN-Norm 1946-6 [7.1] gilt als die wesentliche Norm zur Planung und Auslegung von Wohnraumlüftungsanlagen. Sie beinhaltet Berechnungsschritte zur Dimensionierung von Lüftungstechnischen Maßnahmen und zur Gewährleistung des Bautenschutzes.

Eine erste, zentrale Anforderung der Norm betrifft die Diskrepanz zwischen Luftdichtheit der Gebäudehülle und einem Mindest-Außenluftbedarf für den Feuchteschutz. Sollte der Infiltrationsluftvolumenstrom unterhalb des notwendigen Luftvolumenstroms zum Feuchteschutz liegen, sieht die DIN 1946-6 eine Lüftungstechnische Maßnahme (LtM) vor, die vorerst Umsetzungs-unbestimmt, diesen Luftwechsel sicherstellen können muss.

Eine andere, wesentliche Bestimmung für die Durchlüftung von Wohnungen resultiert aus der Bauaufsichtlichen Richtlinie zur Entlüftung fensterloser Räume [7.2]. Dabei sind Bäder, Toilettenräume und Küchen oder Kochnischen dauernd oder im Intervallbetrieb mechanisch zu entlüften, sofern diese über keinen direkten Fensteranschluss verfügen.

Bei teilweise unterschiedlichen Anforderungen der beiden Vorschriften gilt der in der DIN 1946-6 befindliche Verweis, als Lüftungstechnische Maßnahme könne auch gelten, wenn für „besondere Räume [...] dauernd wirksame Abluftvolumenströme gefordert sind, z. B. für die Lüftung von fensterlosen Räumen“. Es müsse dabei jedoch mindestens „der Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6 erreicht sein und alle Räume der Nutzungseinheit hinreichend gleichmäßig durchströmt werden“ [7.1].

7.3.3 Hypothese unter Randbedingungen

Die nachfolgende Untersuchung zielt darauf ab, die Notwendigkeit einer mechanisch gestützten Wohnraumlüftung für den sozialen Wohnungsbau zu untersuchen.

Eine Auslegung nach Norm verlangt dabei eine komplizierte und individuell angepasste Auslegungs-Prozedur, wobei die Planung der Lüftungstechnischen Maßnahme raumweise erfolgt. Dieser Ansatz stellt sich jedoch, im Sinne des industrialisierten Bauens (siehe Kapitel 2), als untauglich heraus, da genau solche individuellen Planungsleistungen weitestgehend durch alternative Planungsstrategien umgangen werden sollen.

Es wird demnach zur Planung der Lüftungssysteme ein systemischer Ansatz verfolgt, wobei einzelne Räume mit einem möglichst einfachen aber Norm-konformen Ansatz belüftet werden müssen. Dieser Ansatz ist abgebildet in der Hypothese, ein dauernd gültiger, Grundriss-unabhängiger Luftwechsel garantiere den Feuchteschutz.

Ein solcher, minimaler Luftwechsel wurde auf Basis von Praxiserfahrungen auf die Höhe von 0,2 Luftwechsel pro Stunde dimensioniert. Kleinere Luftwechselraten seien indes durch Tür- und Personenbewegungen und durch Fensterlüftung gegeben. Größere, etwa ein 0,3-facher Luftwechsel sei für den Feuchteschutz bereits überdimensioniert. Die Hypothese ist Gegenstand der nachfolgenden Untersuchungen.

Als Randbedingungen gelten die in Kapitel 5 dargestellten Grundriss-Typologien und Bausysteme, deren energetischer Baustandard und deutschlandweit durchschnittliche Temperatur- bzw. Witterungsverhältnisse. Außerdem werden die internen Lasten der Wohneinheiten entsprechend einer durchschnittlichen Belegungsdichte (Personen pro Grundfläche) aus Kapitel 3 herangezogen.

Die Auswahl der zu untersuchenden Räume fällt nach einer Sensitivitätsanalyse von Bausystem, Feuchtelasten und der jeweiligen solaren Einstrahlung auf die nach Norden gerichteten "offene Küchen" des Bausystems aus Raummodulen.

Die Untersuchungen stellen mit dauernder Anwesenheit der Bewohner, einer luftdichten Bauausführung (Infiltrationsluftwechsel = 0,1 1/h) und einer hohen, feuchtetechnischen Aktivität (Kochen & Wäsche trocknen) einen Extremfall dar.

7.3.4 Ergebnisse der Lüftungssimulationen mit WUFI®-Plus

Die Simulation der Raumlufffeuchte und der Feuchte auf Bauteil-Innenoberflächen erfolgt mit der vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik entwickelten Gebäudesimulationssoftware WUFI®-Plus [7.3]. Dabei wird eine stundengenaue Wärme- und Feuchteentwicklung von Bauteilen unter Einflussnahme oben genannter Randbedingungen ermittelt. Diese wird im Sinne eines Post-Processings mit der Computersoftware WUFI®-Bio [7.4] auf eine tatsächlich mögliche Schimmelpilzbildung hin überprüft.

Die betreffenden Grundrisse sind in nachfolgender Abbildung 112 zusammengefasst, wobei die offenen Küchen den Untersuchungsgegenstand der Simulationsergebnisse abbilden.













Abbildung 112 Grundrisskonfigurationen der 1-5-Personen Haushalte für das Bausystem Raummodule

Die in Tabelle 11 aufgeführten Ergebnisse zeigen die Auswertungen für die Untersuchungsfälle

- Szenario 1: Rechtlich zumutbare Fensterlüftung der Nutzer á 2 x 15 min täglich
- Szenario 2: dauerhafter 0,2-facher Luftwechsel

Tabelle 11 WUFI®-Bio Auswertung der Wachstumsrate von Schimmelpilzsporen an der Außenwand für die Lüftungsszenarien 1 und 2

Haushaltsgrößen	Szenario 1	Szenario 2

	Wachstumsrate	Bewertung	Wachstumsrate	Bewertung
1-Personen Haushalt	7,30 mm/a		0,00 mm/a	
2-Personen Haushalt	0,00 mm/a		0,00 mm/a	
3-Personen Haushalt	122,92 mm/a		0,06 mm/a	
4-Personen Haushalt	178,30 mm/a		0,00 mm/a	
5-Personen Haushalt	0,00 mm/a		0,00 mm/a	

Die Auswertung zeigt, dass eine reine Fensterlüftung (Szenario 1) nicht für alle Grundrisskonstellationen als Lösung zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum ausreicht. Eine zusätzliche Betrachtung von Wärmebrücken durch beispielsweise wandvorgestellte Möbel oder Vorhänge darf als zusätzlich kritisch angesehen werden.

Der pauschale Belüftungsansatz mit einem dauerhaften mechanisch erzeugten Luftwechsel von 0,2 1/h (Szenario 2) eignet sich nach Interpretation der in Tabelle 11 dargestellten Ergebnisse für die Vermeidung von Schimmelpilzwachstum hingegen schon. Trotz kritisch hohen Belegungsdichten und Feuchtelasten und bei luftdichter Bauweise zeigt sich der hypothetisch angesetzte mechanische Luftwechsel von 0,2 1/h als ausreichend hoch dimensioniert.

Zur Prüfung der Normkonformität des angesetzten 0,2-fachen, mechanischen Luftwechsels, wird dieser Ansatz mit den normativ verlangten Luftwechseln verglichen. Tabelle 12 fasst diesen Vergleich zusammen. Es ist dabei zu beachten, dass sowohl der pauschale Ansatz, als auch die normgerechte Auslegung jeweils den natürlichen Luftwechsel über Infiltration von 0,1 1/h beinhaltet.

Tabelle 12 Raumweise Lüftungsauslegung nach dem pauschalen Ansatz, der DIN 1946-6 und der Bauaufsichtlichen Richtlinie für fensterlose Räume

Haushaltsgrößen - Betrachtung für "offene Küche"	Luftwechsel nach Pauschalansatz (inkl. Infiltration)	Luftwechsel nach DIN 1946-6 FL (inkl. Infiltration)	Luftwechsel nach Bauaufs. RL (inkl. Infiltration)
1-Personen Haushalt	0,30 1/h	0,67 1/h	1,09 1/h
2-Personen Haushalt	0,30 1/h	0,24 1/h	0,41 1/h
3-Personen Haushalt	0,30 1/h	0,20 1/h	0,28 1/h
4-Personen Haushalt	0,30 1/h	0,26 1/h	0,47 1/h
5-Personen Haushalt	0,30 1/h	0,25 1/h	0,51 1/h

Der nach der DIN-Norm DIN 1946-6 geforderte Mindestluftwechsel zum Feuchteschutz überschreitet den natürlichen Infiltrationsluftwechsel von 0,1 1/h deutlich - es ist demnach eine Lüftungstechnische Maßnahme zu planen. Andererseits belegt die Tabelle 12 die dringend notwendige Betrachtung fensterloser Räume als einen großen Einfluss auf die notwendige Lüftungsstrategie, da die geforderten Luftwechsel nach der Bauaufsichtlichen Richtlinie zur Entlüftung fensterloser Räume deutlich oberhalb des Pauschalansatzes liegen.

Die DIN-Norm DIN 1946-6 kann weitestgehend durch den Pauschalansatz eines dauerhaften, mechanisch induzierten, 0,2-fachen Luftwechsel substituiert werden, wobei der 1-Personen Haushalt mit einer sehr kleinen Grundfläche eine Ausnahme darstellt.

Für die Bauaufsichtliche Richtlinie zur Entlüftung fensterloser Räume gilt dies jedoch nicht, da die Anforderungen in jedem Fall deutlich oberhalb des pauschalen Ansatzes liegen. Es gilt umgekehrt aber, dass die Nachführung der notwendigen Luftvolumenströme zur Entlüftung fensterloser Räume garantiert den Feuchteschutz gewährleistet.

Eine gänzlich grundrissunabhängige Auslegung der Lüftungsmaßnahmen ist demnach für den industrialisierten, sozialen Wohnungsbau nicht uneingeschränkt erlaubt.

7.3.5 Empfehlung zur Lüftung im sozialen Wohnungsbau

Die hygrothermischen Untersuchungen zur Wohnraumlüftung wurden anhand eines aus den Bausystemen abgeleiteten Referenzgebäudes durchgeführt. Da dieses Referenzgebäude typische

Wohnsituationen im sozialen Wohnungsbau widerspiegelt, dürfen die Ergebnisse als allgemeingültig betrachtet werden.

Es wurde gezeigt, dass die reine Fensterlüftung zur Vermeidung von Feuchteschäden bei den derzeit geltenden, rechtlichen Anforderungen an eine luftdichte Bauweise nicht ausreicht.

Der pauschale Ansatz einer dauerhaften, mechanisch erzeugten Lüftung in der Größenordnung von 0,2 1/h überschreitet die nach DIN 1946-6 verlangten Luftwechselraten zum Feuchteschutz weitestgehend und beugt so einem Schimmelpilzwachstumsrisiko in Wohnräumen vor. Die zusätzlichen Anforderungen der zur Bauaufsichtlichen Richtlinie zur Entlüftung fensterloser Räume erweisen sich jedoch als Fallstrick der pauschalen Auslegung der Wohnraumlüftung.

Die Empfehlung zur Lüftungsplanung ist demnach die primäre Auslegung auf die Anzahl „gefangener Bäder, Toilettenräume und Küchen“. In einem Vergleichsverfahren kann alternativ der mechanisch erzeugte 0,2-fache Luftwechsel zur Wohnraumlüftung angesetzt werden.

Eine ausführliche Darstellung der vorgenommenen Simulationen, sowie die Hinführung und die Analyse der getätigten Simulationen ist in der Masterarbeit an der Technischen Universität München am Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen mit dem Titel „Feuchteschutzlüftung im sozialen Wohnungsbau“ zu entnehmen [7.5]. Die Masterarbeit entstand in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) und der Technischen Universität München (TUM).

7.4 Untersuchte Energieversorgungskonzepte und deren primärenergetische Analyse

7.4.1 Hintergrund der Untersuchungen

Auf die in Kapitel 7.1 genannten Randbedingungen bzw. den Primärenergiebedarf des Gebäudes wirken sich die Umwandlung und Bereitstellung der Energie besonders stark aus. Aus diesem Grund werden **neun** verschiedene Energieversorgungskonzepte für die Wärme- und Heizungstechnik, der Bereitstellung von Trinkwarmwasser und der Raumluftechnik untersucht. Für die Auswahl der Versorgungssysteme wurde der Fokus auf Versorgungssysteme gelegt, welche eine industrielle Umsetzung ermöglichen. Ein weiteres Kriterium für die Variantenbildung war die Sicherstellung der standortunabhängigen Planungsmöglichkeit wodurch z.B. Wärmepumpenanlagen mit Erdwärmesonden oder Flächenkollektoren als Wärmequelle nicht einbezogen wurden. Des Weiteren sollen innovative und zukunftssträchtige Energieversorgungskonzepte untersucht und analysiert werden. Diesbezüglich wird im Hinblick auf einen zukünftig, kontinuierlich sinkenden Primärenergiefaktor für Strom die Systemvariante „Strom-Direktheizung“ eingeführt. Im Vergleich zu den wasserführenden

Systemen entfallen hierbei die Rohrleitungen für Vor- und Rücklauf zur Raumwärmeversorgung, was einen geringeren Installationsaufwand bedeutet. Außerdem kann hierbei flexibel auf verschiedene versorgungsrelevante Standortfaktoren reagiert werden und garantiert somit eine erhöhte Gestaltungsfreiheit. Alle Systemvarianten werden so konzipiert, dass die Anforderungen der EnEV 2016 sowie des EEWärmeG eingehalten werden.

7.4.2 Untersuchte TGA-Systemvarianten für Energieerzeugung, Energieverteilung und Energieabgabe

Die untersuchten Energieversorgungskonzepte für Raumwärme, Trinkwarmwasser sowie zur Bereitstellung der Frischluft werden in den folgenden Abbildung 113 bis Abbildung 120 näher erläutert und sind schematisch dargestellt:

Energieversorgungskonzept - Basisvarianten 1 a & 1 b

Raumwärme:

Wärmeerzeugung	Gasbrennwerttherme
Wärmeabgabe	Freie Heizflächen (Heizkörper)

Trinkwarmwasser:

Wärmeerzeugung	Primär: Solarthermie, Sekundär: Gasbrennwerttherme
Wärmebereitstellung	Zentraler Warmwasserspeicher

Hybridlüftung:

Abluft	Zentrale mechanische Abluftanlage (ohne WRG)
Zuluft	Dezentrale Außenluftdurchlässe (ALD), natürliche Fensterlüftung

Ergänzung 1 a

Hybridlüftung:

Abluft	Abluftanlage mit $LW=0,2 \text{ h}^{-1}$ dauerhaft in Betrieb
Zuluft	Natürliche Fensterlüftung laut Nutzerprofil

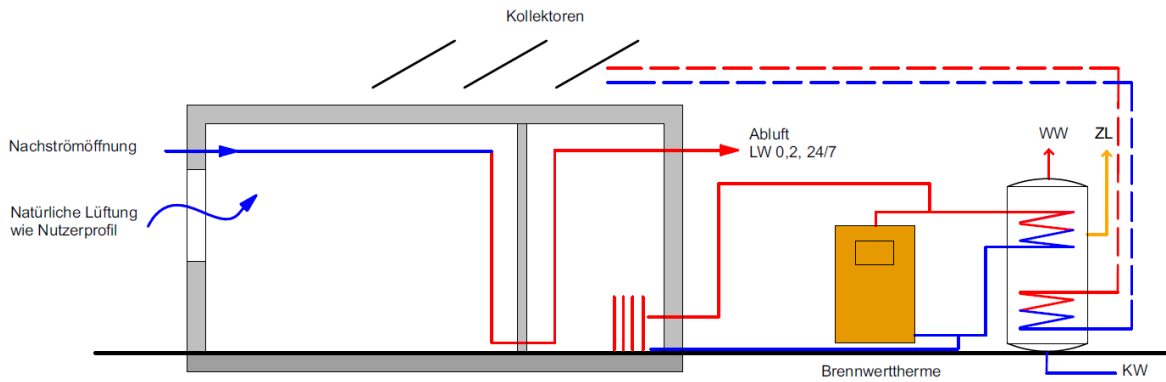


Abbildung 113 Schema Energieversorgungsvariante 1 a

Ergänzung 1 b

Hybridlüftung:

Abluft	Abluftanlage mit $LW=0,5 \text{ h}^{-1}$ dauerhaft in Betrieb
Zuluft	Natürliche Fensterlüftung nur im Sommer

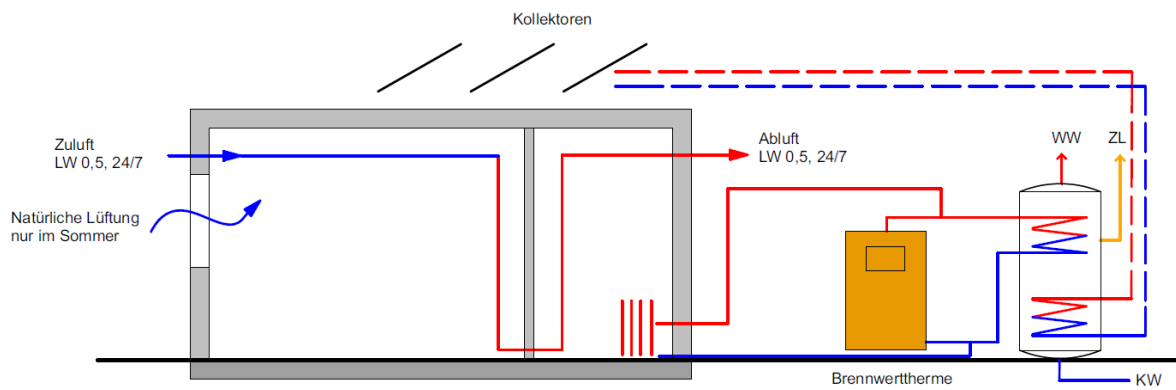


Abbildung 114 Schema Energieversorgungsvariante 1 b

Energieversorgungskonzept - Basisvarianten 2 a & 2 b

Raumwärme:

Wärmeerzeugung	Gasbrennwerttherme
Wärmeabgabe	Integrierte Heizflächen (Fußbodenheizung)

Trinkwarmwasser:

Wärmeerzeugung	Primär: Solarthermie, Sekundär: Gasbrennwerttherme
Wärmebereitstellung	Zentraler Warmwasserspeicher

Hybridlüftung:

Abluft	Zentrale mechanische Abluftanlage (ohne WRG)
Zuluft	Dezentrale Außenluftdurchlässe (ALD), natürliche Fensterlüftung

Ergänzung 2 a

Hybridlüftung:

Abluft	Abluftanlage mit $LW=0,2 \text{ h}^{-1}$ dauerhaft in Betrieb
Zuluft	Natürliche Fensterlüftung laut Nutzerprofil

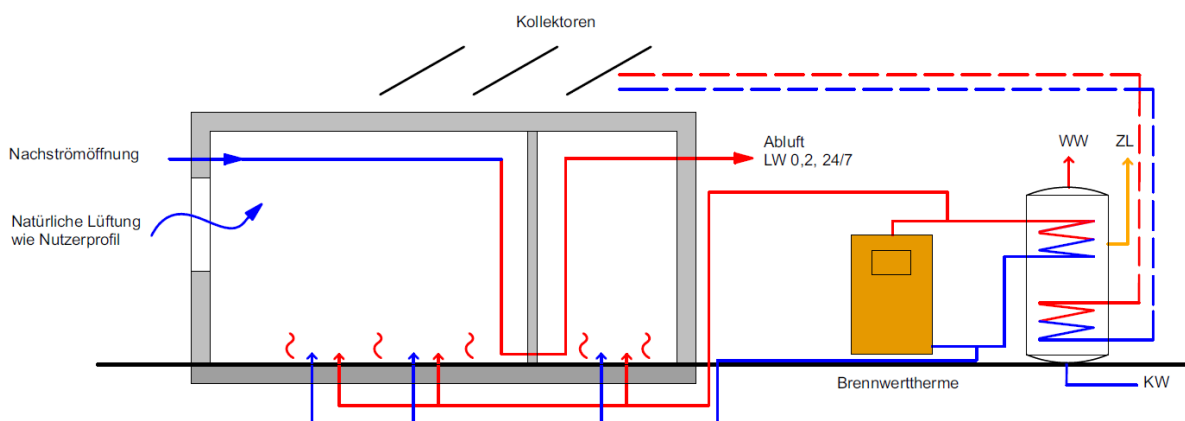


Abbildung 115 Schema Energieversorgungsvariante 2 a

Ergänzung 2 b

Hybridlüftung:

Abluft	Abluftanlage mit $LW=0,5 \text{ h}^{-1}$ dauerhaft in Betrieb
Zuluft	Natürliche Fensterlüftung nur im Sommer

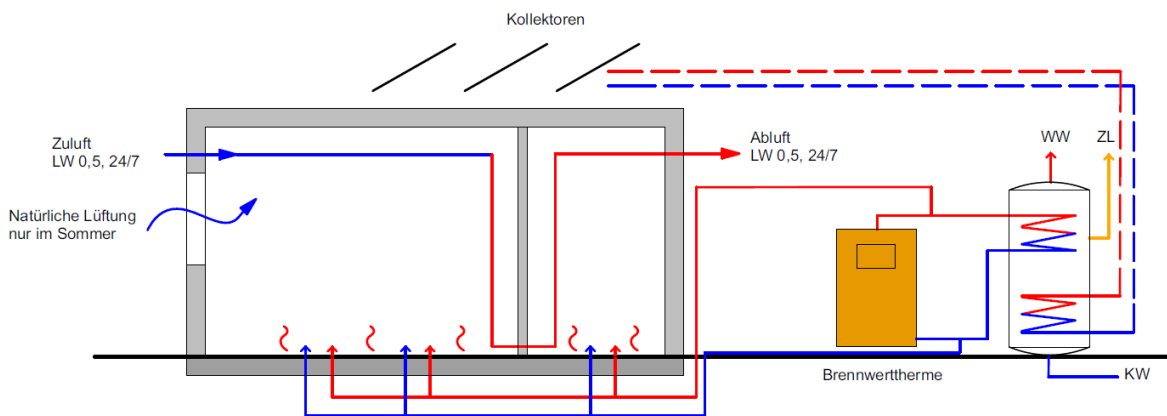


Abbildung 116 Schema Energieversorgungsvariante 2 b

Energieversorgungskonzept - Basisvarianten 3 a - 3 e

Raumwärme:

Wärmeerzeugung	Strom aus öffentlichem Stromnetz
Wärmeabgabe	Strom-Direktheizung (Elektrische Flächenheizung)

Trinkwarmwasser:

Wärmeerzeugung	Elektrische Heizstäbe (Strom aus öffentlichem Stromnetz)
Wärmebereitstellung	Warmwasserspeicher

Hybridlüftung:

Abluft	Zentrale mechanische Abluftanlage (ohne WRG)
Zuluft	Dezentrale Außenluftdurchlässe (ALD), natürliche Fensterlüftung

Ergänzung 3 a

Hybridlüftung:

Abluft	Abluftanlage mit $LW=0,2 \text{ h}^{-1}$ dauerhaft in Betrieb
Zuluft	Natürliche Fensterlüftung laut Nutzerprofil

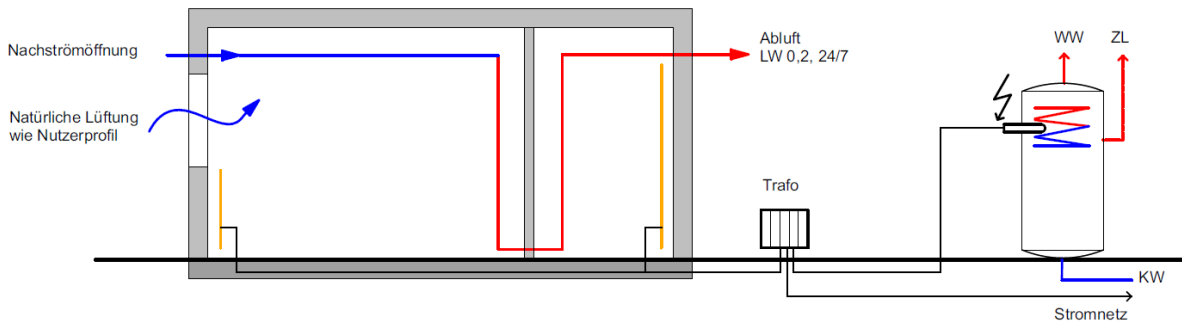


Abbildung 117 Schema Energieversorgungsvariante 3 a

Ergänzung 3 b

Hybridlüftung:

Abluft	Abluftanlage mit $LW=0,5 \text{ h}^{-1}$ dauerhaft in Betrieb
Zuluft	Natürliche Fensterlüftung nur im Sommer

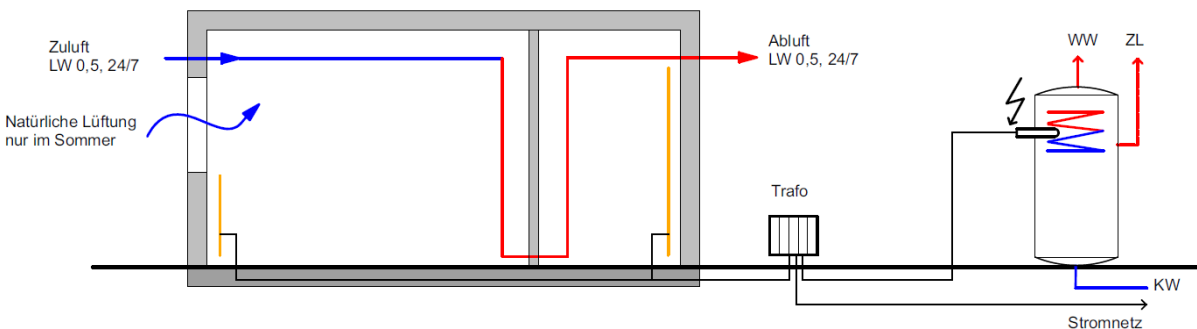


Abbildung 118 Schema Energieversorgungsvariante 3 b

Ergänzung 3 c

Hybridlüftung:

Abluft	Abluftanlage bei Anwesenheit mit $LW=0,5 \text{ h}^{-1}$ dauerhaft in Betrieb, bei Abwesenheit mit $LW=0,2 \text{ h}^{-1}$ dauerhaft in Betrieb
Zuluft	Natürliche Fensterlüftung nur im Sommer

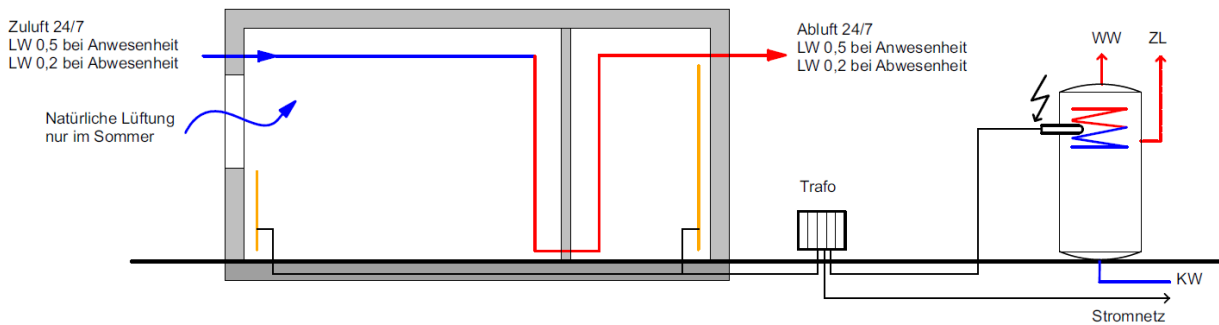


Abbildung 119 Schema Energieversorgungsvariante 3 c

Ergänzung/Änderung 3 d

Trinkwarmwasser:

Wärmeerzeugung	Primär: Luft/Wasser-Wärmepumpe (zur Redundanz elektr. Heizstäbe)
----------------	--

Hybridlüftung:

Abluft	Zentrale mechanische Abluftanlage mit integrierter Luft/Wasser-Wärmepumpe, Abluftanlage mit LW=0,2 h ⁻¹ dauerhaft in Betrieb
Zuluft	Natürliche Fensterlüftung laut Nutzerprofil

Ergänzung/Änderung 3 e

Raumwärme:

Wärmeerzeugung	Primär: Photovoltaik-Strom, Sekundär: Strom aus öffentlichem Stromnetz
----------------	--

Trinkwarmwasser:

Wärmeerzeugung	Luft/Wasser-Wärmepumpe (zur Redundanz elektr. Heizstäbe)
----------------	--

Hybridlüftung:

Abluft	Zentrale mechanische Abluftanlage mit integrierter Luft/Wasser-Wärmepumpe, Abluftanlage mit LW=0,2 h ⁻¹ dauerhaft in Betrieb
Zuluft	Natürliche Fensterlüftung laut Nutzerprofil

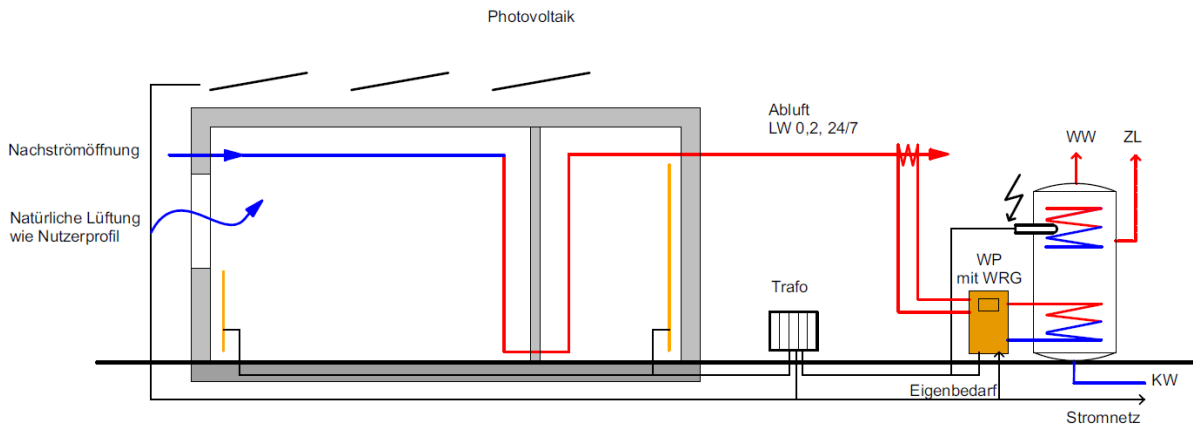


Abbildung 120 Schema Energieversorgungsvariante 3 d / 3 e

In Tabelle 13 werden die drei Basisvarianten der Energieversorgungssysteme für die weiterführenden, detaillierten Untersuchungen beschrieben und zusammengefasst.

Tabelle 13 Übersicht Energieversorgungsvarianten

Basisvariante 1	Gasbrennwerttherme mit Heizkörper, Solarthermie zur TWW-Bereitung, zentrale mechanische Abluftanlage (ohne WRG), dezentrale Außenluftdurchlässe
Basisvariante 2	Gasbrennwerttherme mit Fußbodenheizung, Solarthermie zur TWW-Bereitung, zentrale mechanische Abluftanlage (ohne WRG), dezentrale Außenluftdurchlässe
Basisvariante 3	Strom-Direktheizung (öffentliches Stromnetz/PV-Anlage) mit elektrischer Flächenheizung, elektr. Heizstäbe / Luft/Wasser-Wärmepumpe zur TWW-Bereitung, zentrale mechanische Abluftanlage (ohne WRG / mit Luft/Wasser-Wärmepumpe), dezentrale Außenluftdurchlässe

7.4.3 Ergebnisse und Erkenntnisse der Variantenstudie

Aufgrund von Förderrichtlinien und Wirtschaftlichkeit ergeben sich im sozialen Wohnungsbau sehr häufig Räume mit hohen Belegungsdichten. Dieses Szenario wird anhand eines repräsentativen Raumes in Kombination mit den unterschiedlichen Energieversorgungsvarianten simuliert. Auf Basis der thermischen Simulation wird anschließend die primärenergetische Auswirkung der TGA-Systeme verglichen und untersucht. Das Ergebnis der Variantenstudie ist in Abbildung 121 zusammengefasst.

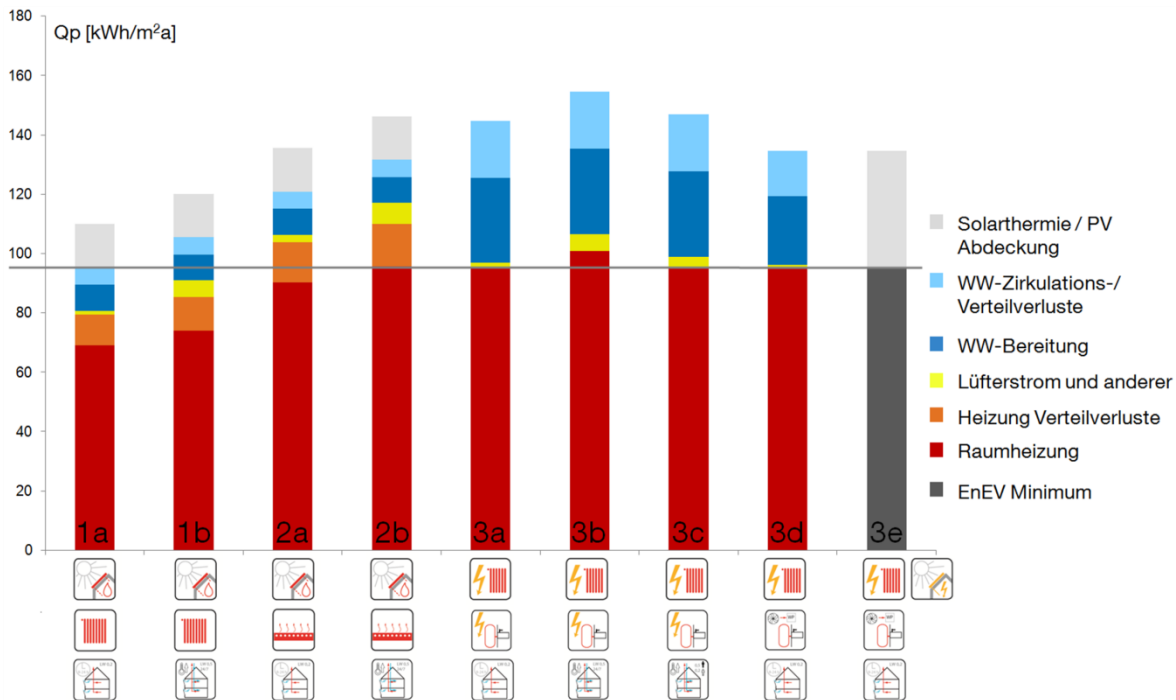


Abbildung 121 Primärenergetischer Vergleich der Versorgungsvarianten

Wie in Abbildung 121 ersichtlich, werden für Variante 1 a „Gasbrennwerttherme, Heizkörper, Solarthermie, minimaler nutzerunabhängiger Luftwechsel“ knapp 100 kWh/m²a Primärenergie benötigt. Im Vergleich zu dieser Referenzvariante steigt der Primärenergiebedarf bei System 1 b „erhöhter Luftwechsel“ um ca. 10 kWh/m²a sowie bei Veränderung des Wärmeabgabesystems bei 2 a + b „mit Fußbodenheizung“ um ca. 20 kWh/m²a an. Die Auswirkungen des Primärenergiebedarfs in Abhängigkeit der Wärmeabgabesysteme sind einerseits auf die Regelungsverluste und andererseits auf die Trägheit des Flächenheizsystems zurückzuführen. Gemäß diesen Ergebnissen ist belegt, dass unter den Simulationsrandbedingungen die Variante 3 e schon heute die Mindestanforderung nach EnEV 2016 sowie nach EEWärmeG erfüllt. Hierfür ist allerdings der Einsatz von 4 m² Photovoltaik (PV) pro Person und einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in Form einer Abluftwärmepumpe erforderlich. Zum Erreichen eines NZEB (nearly zero energy building) müssten pro Person 13 m² PV angesetzt werden. Wie in untenstehender Abbildung 122 ersichtlich, ist bei einer Nutzungszeit von 30 Jahren die Heizungsvariante mit dem Energieträger Strom (3 a - e) aus primärenergetischer Sicht die beste Variante. Die Begründung hierfür liegt darin, dass in Zukunft der erneuerbare Anteil im Strommix ansteigt und der Primärenergiefaktor (PEF) für Strom in den nächsten Jahren kontinuierlich sinken wird. Derzeit liegt der PEF für Strom bei 1,8 und das Ziel der Bundesregierung lautet, diesen Wert bis zum Jahr 2050 auf 0,6 zu senken [7.6]. Auf diesen Aspekt wird in Kapitel 7.5.1 „Heizungstechnik zur Raumwärmeversorgung“ noch näher eingegangen.

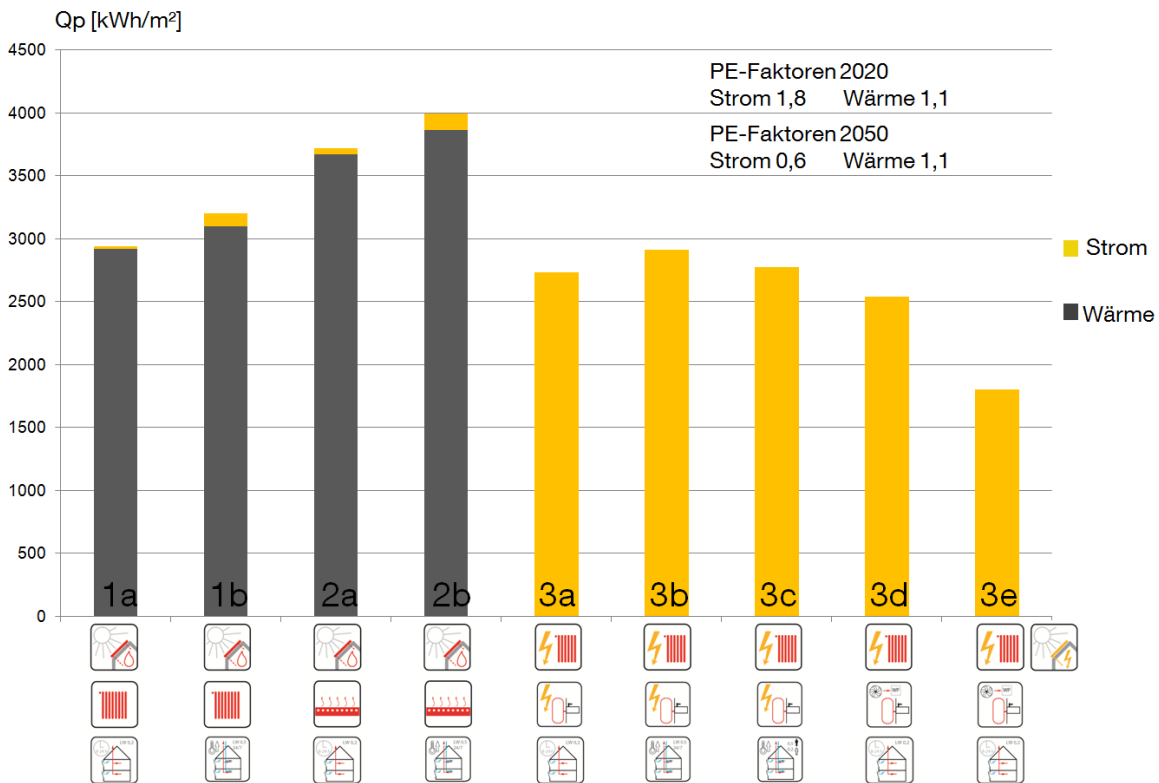


Abbildung 122 Primärenergetischer Vergleich der Versorgungsvarianten von 2020 bis 2050

Die nachfolgende Abbildung 123 zeigt die primärenergetische Aggregation der Versorgungsvarianten über 30 Jahre, beginnend bei 2020. Aufgrund des steigenden Anteils erneuerbarer Energie im Stromnetz über den definierten Betrachtungszeitraum von 30 Jahren ist somit die Variante 3 e „Strom-Direktheizung“ hinsichtlich des PE-Verbrauchs die energetisch sinnvollste. Ein weiterer Vorteil der elektrischen Direktheizung ist das damit verbundene Niederspannungsnetz. Hierbei kann von der PV-Anlage produzierte Ökostrom in einer Batterie gespeichert werden und für die Stromdirektheizung verwendet werden, ohne dass der PV-Strom einen Transformator oder einen Wechselrichter durchlaufen muss.

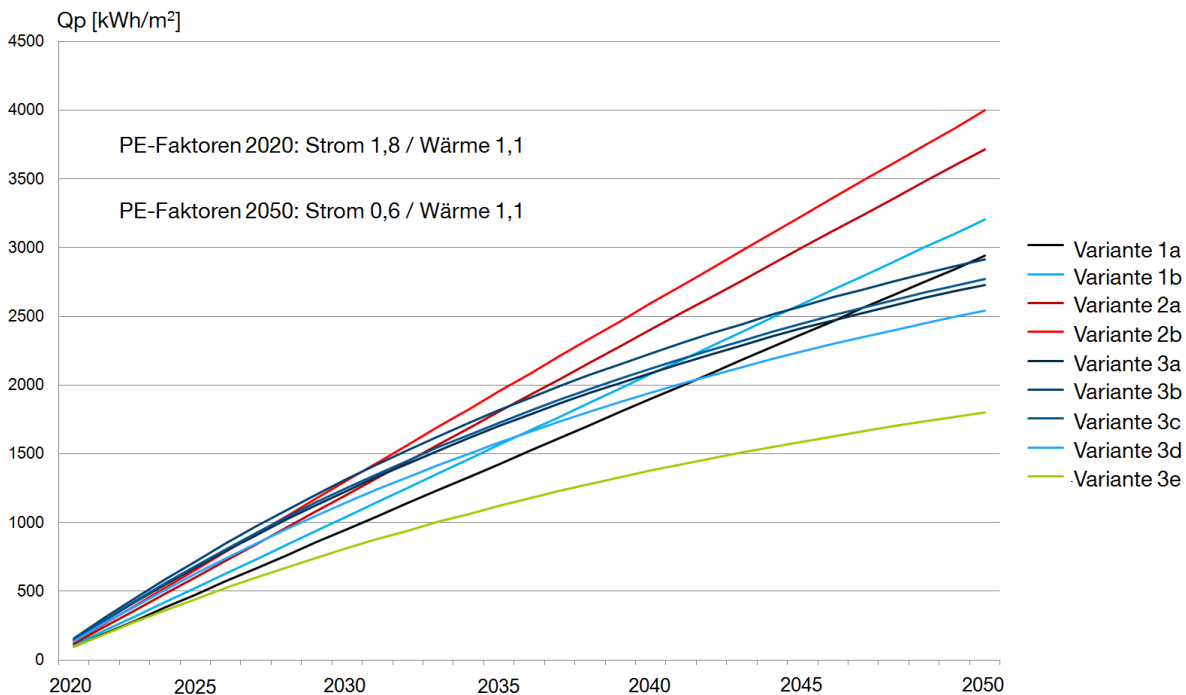


Abbildung 123 Primärenergie aufsummiert von 2020 bis 2050

Bei der Übertragung der Ergebnisse dieser Variantenstudie, auf die in Kapitel 5.4 beschriebenen Referenzgebäude, werden für alle weiteren Planungsschritte die standortunabhängigen, vorfertigungstauglichen und EnEV-konformen Varianten 1a bzw. 3e betrachtet. Die weiterführende Bezeichnung der Versorgungsvarianten wird auf Basis des Wärmeerzeugertyps als Variante "Gas" (=1a) und als Variante "PV-Strom" (=3e) bezeichnet. Zusätzlich wird im nachstehenden Kapitel die nach Anforderungen des Anforderungskatalogs verlangte Versorgungsvariante "Fernwärme" eingeführt. Diese ist durch den geringen Primärenergiefaktor bezüglich einer primärenergetischen Betrachtung deutlich unkritischer als die Versorgungsvariante "Gas" und wird bei allen weiteren energetischen Betrachtungen, Planungen und Kostenrechnungen berücksichtigt. Tabelle 14 zeigt eine Übersicht der TGA-Varianten für die weiterführenden Untersuchungen.

Tabelle 14 Grundversorgungsvarianten für die Gebäudebetrachtung

Variante Gas	<p>Wärmeerzeugung: Gasbrennwertkessel, Solarthermie</p> <p>Wärmespeicherung: Heizwasser-Pufferspeicher</p> <p>Wärmeverteilung: Heizkreis zu Raumwärmeversorgung / dezentrale Frischwassermodule</p> <p>Wärmeabgabesystem: Heizkörper</p> <p>Lüftung: Mechanische Abluftanlage (ohne WRG), dezentrale Außenluftdurchlässe</p>
---------------------	---

<p>Variante Fernwärme</p>	<p>Wärmebereitstellung: Fernwärmeübergabestation</p> <p>Wärmespeicherung: ---</p> <p>Wärmeverteilung: Heizkreis zu Raumwärmeversorgung / dezentrale Frischwassermodul</p> <p>Wärmeübergabe: Heizkörper</p> <p>Lüftung: Mechanische Abluftanlage (ohne WRG), dezentrale Außenluftdurchlässe</p>
<p>Variante PV-Strom</p>	<p>Wärmeerzeugung: PV-Strom für Heizungsnetz, Wärmepumpe für TWW</p> <p>Wärmespeicherung: Heizwasser-Pufferspeicher</p> <p>Wärmeverteilung: Strom für Heizung, Heizkreis zu Raumwärmeversorgung / dezentrale Frischwassermodule</p> <p>Wärmeübergabe: Elektrische Flächenheizung</p> <p>Lüftung: Mechanische Abluftanlage mit WRG als Wärmepumpe für TWW, dezentrale Außenluftdurchlässe</p>

7.5 Bewertung von kosteneffizienten Umsetzungsmöglichkeiten der technischen Anforderungen

7.5.1 Technische Gebäudeausrüstung im Systembaukasten

Sind bis dato verschiedene Systeme der technischen Gebäudeausrüstung auf deren energetisch optimierten Einsatz im Wohnungsbau untersucht worden, so sollen im vorliegenden Kapitel verschiedenartige technische Systeme, unbeachtet oben vorliegender Ergebnisse, auf deren Kosteneinfluss und auf deren systemspezifische Umsetzbarkeit geprüft werden.



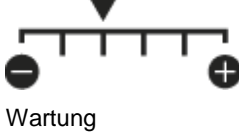

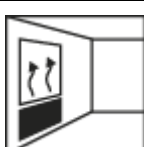

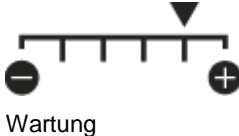
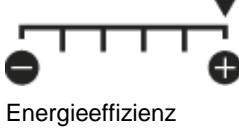

Ausgehend von den beiden Bausystemen aus Raummodulen und Flächenelementen, werden in den weiteren Betrachtungen Aussagen zu einem Systembaukasten getroffen, der eine größtmögliche Anzahl an Umsetzungsvarianten beinhalten soll. Durch die Untersuchungen sollen Systemgrenzen aufgezeigt werden.



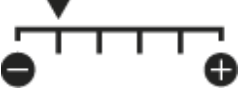
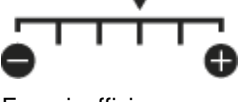
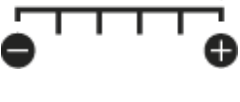
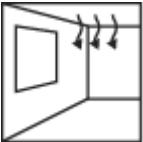

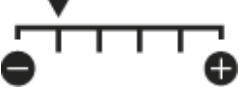
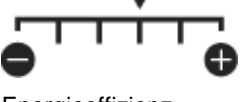
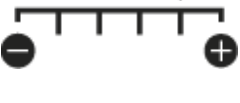
Daraus abgeleitet folgt eine Rückkopplung in die detaillierte Planung und Auslegung der Technischen Gebäudeausrüstung, welche dann wiederum als Gesamtsystem kostenmäßig abgebildet werden kann.



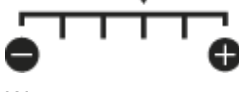



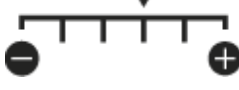
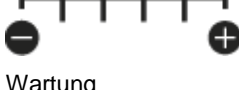
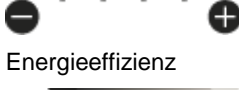

7.5.2 Heizungssysteme






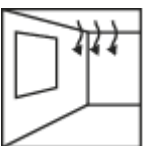






Ausgehend von den oben identifizierten, primärenergetisch günstigen Lösungen der Varianten "Gas", "Fernwärme" und "PV-Strom", fasst Tabelle 15 verschiedenartige Wärmeabgabesysteme zusammen. Diese werden bewertet und deren Umsetzbarkeit bzw. Wirkung innerhalb der beiden Referenz-Bausysteme beschrieben.

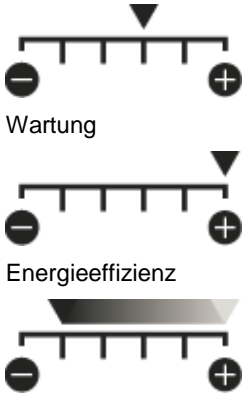
Tabelle 15 Übersicht und Bewertung möglicher Heizungssysteme

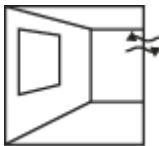
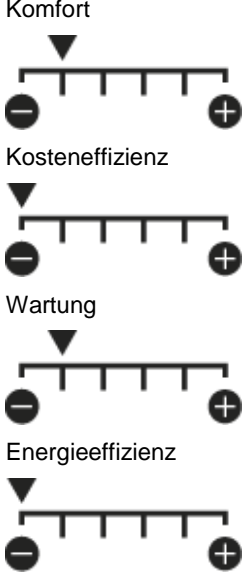
System & Typ	Umsetzung (als...)	Bewertung Bausystem Flächenelemente (Hürden, Hindernisse)	Bewertung Bausystem Raummodule (Hürden, Hindernisse)	Schematische Bewertung
hydraulische Heizung, Heizkörper	 Radiator / Gliederheizkörper	Positiv: Akzeptabler Komfort durch großen Strahlungsanteil. Gute Zugänglichkeit zur Wartung.	Positiv: Akzeptabler Komfort durch großen Strahlungsanteil. Vormontage möglich. Gute Zugänglichkeit zur Wartung.	Komfort  Kosteneffizienz
		Negativ: Vormontage kaum möglich, da diese aus dem Wandelement herausragen und beim Transport beschädigt werden können. Hohe Vorlauftemperaturen zur Erzeugung ausreichender Heizleistung. Gegenüber einem Konvektor keine Standardschnittstelle mit Wandinstallation möglich, da je nach Abmaß der Anschluss an unterschiedlichen Positionen erfolgt. Abmaß und Gewicht gegenüber Konvektor im Nachteil.	Negativ: Hohe Vorlauftemperaturen zur Erzeugung ausreichender Heizleistung. Gegenüber einem Konvektor keine Standardschnittstelle mit Wandinstallation möglich, da je nach Abmaß der Anschluss an unterschiedlichen Positionen erfolgt. Abmaß und Gewicht gegenüber Konvektor im Nachteil.	Wartung  Energieeffizienz 
hydraulische Heizung, Heizkörper	 Konvektor	Positiv: Geringe Kosten. Im Verhältnis zur Heizleistung leichte Komponenten. Vormontage der kompletten Wandinstallation für Mittelanschlusslösungen möglich. Einfache Wartung durch vollständige Zugänglichkeit.	Positiv: Geringe Kosten. Im Verhältnis zur Heizleistung leichte Komponenten. Vormontage der kompletten Lösung möglich. Einfache Wartung durch vollständige Zugänglichkeit.	Komfort  Kosteneffizienz 
		Negativ: Mäßiger Komfort durch Konvektionsanteil. Komplette Vormontage nicht möglich durch Gefahr von Beschädigungen beim Transport. Vorlauftemperaturen kleiner 50°C nur mit speziellen Lösungen möglich.	Negativ: Mäßiger Komfort durch Konvektionsanteil. Vorlauftemperaturen kleiner 50°C nur mit speziellen Lösungen möglich.	Wartung  Energieeffizienz 

System & Typ	Umsetzung (als...)	Bewertung Bausystem Flächenelemente (Hürden, Hindernisse)	Bewertung Bausystem Raummodule (Hürden, Hindernisse)	Schematische Bewertung
hydraulische Heizung, Flächenheizung	 Bauteilintegriert (Fußboden)	Positiv: Geringe Vorlauftemperaturen. Hoher Komfort. Geringe Betriebskosten.	Positiv: Geringe Vorlauftemperaturen. Hoher Komfort. Geringe Betriebskosten. Vormontage bis zur Modulgrenze möglich.	Komfort  Kosteneffizienz  Wartung  Energieeffizienz 
	 Bauteilintegriert (Decke)	Positiv: Niedrige Vorlauftemperaturen. Niedrige Betriebskosten.	Positiv: Niedrige Vorlauftemperaturen. Niedrige Betriebskosten. Vormontage bis zur Modulgrenze möglich.	Komfort  Kosteneffizienz  Wartung  Energieeffizienz 
	Negativ: Vormontage kaum möglich, da in der Regel Deckensegmente ohne Raumzuordnung verwendet werden. Umsetzung erfolgt klassisch auf der Baustelle. Hohe Kosten. Zur Bauzeitverkürzung wird meist ein Trockenaufbau verwendet, der zusätzliche Kosten verursacht. Schlechte Zugänglichkeit zur Wartung/Reparatur bei Beschädigungen.	Negativ: Relativ hohe Installationskosten: Weiterverlegung der Heizkreise bis zum Verteiler nur mit vorkonfektionierten Leitungslängen möglich. Alternativ unerwünschte Kopplungspunkte im Bodenbereich an den Modulgrenzen. Keine Standardisierung der Module bei Raumtrennungen innerhalb des Moduls möglich.		
	Negativ: Relativ hohe Installationskosten. Lösung für Tafelbauweise unüblich, da Erschließung normal über Boden erfolgt. Risiko der Beschädigung und Aufwand der Reparatur hoch. Zuleitung bis zum Verteiler muss vorkonfektioniert werden. Vormontage nur segmentweise möglich und damit viele Schnittstellen. Kaum Vorteil aus Vorfertigung.	Negativ: Relativ hohe Installationskosten. Weiterverlegung der Heizkreise bis zum Verteiler nur mit vorkonfektionierten Leitungslängen möglich. Alternativ unerwünschte Kopplungspunkte im Deckenbereich an den Modulgrenzen. Keine Standardisierung der Module bei Raumtrennungen innerhalb des Moduls möglich. Druckprüfung der Gesamtinstallation nur bei offenem Modul möglich -> Zeitverzögerung der Errichtung des nächsten Geschosses. Fehlende Zugänglichkeit. Hohes Risiko für Beschädigung und hoher Aufwand im Reparaturfall.		

System & Typ	Umsetzung (als...)	Bewertung Bausystem Flächenelemente (Hürden, Hindernisse)	Bewertung Bausystem Raummodule (Hürden, Hindernisse)	Schematische Bewertung
hydraulische Heizung, Heizleitung	 Sockelleistenheizung	Positiv: Im Falle einer Wandkonstruktion mit Installationsebene flächengleich mit der Innenwand zu montieren. Vormontage möglich. Geringe Vorlauftemperaturen. Hoher Komfort. Geringe Installations- und Betriebskosten. Gute Zugänglichkeit für Wartung. Hoher Standardisierungsgrad.	Positiv: Vormontage möglich. Geringe Vorlauftemperaturen. Hoher Komfort. Geringe Installations- und Betriebskosten. Gute Zugänglichkeit für Wartung. Hoher Standardisierungsgrad.	Komfort  Kosteneffizienz  Wartung  Energieeffizienz 
		Negativ: Ohne Installationsebene Gefahr der Beschädigung beim Transport. Vormontage der Zuleitungen nur bis zur Schnittstelle des Tafel-elementes möglich. Bei Aufwand-Montage Nachteil zur Möblierung.	Negativ: Reduziert die Wandstärke der Wandscheibe im Fußpunkt und damit die statischen Eigenschaften des Moduls. Zuleitungen können nur bis zur Modulgrenze vormontiert werden. Bei Aufwand-Montage Nachteil zur Möblierung.	
elektrische Heizung, Heizkörper	 Heizkörper	Positiv: Geringe Installationskosten. Kein hydraulisches Leitungsnetz nötig. Vormontage Stromversorgung bis Elementgrenze möglich. Kaum Wartungsnotwendigkeit. Gute Regelbarkeit.	Positiv: Geringe Installationskosten. Kein hydraulisches Leitungsnetz nötig. Komplette Vormontage bis Modulgrenze möglich. Kaum Wartungsnotwendigkeit. Gute Regelbarkeit.	Komfort  Kosteneffizienz  Wartung  Energieeffizienz 
		Negativ: Als Konvektor-Lösung begrenzter Komfort durch Konvektionsanteil. Als Strahlungsheizkörper hohe Vorlauftemperaturen notwendig. Vormontage durch Gefahr der Beschädigung nicht möglich. Vormontage Stromversorgung nur bis Elementgrenze möglich. Energieeffizienz stark von Primärenergiebereitstellung abhängig.	Negativ: Als Konvektor-Lösung begrenzter Komfort durch Konvektionsanteil. Als Strahlungsheizkörper hohe Vorlauftemperaturen notwendig. Energieeffizienz stark von Primärenergiebereitstellung abhängig.	

System & Typ	Umsetzung (als...)	Bewertung Bausystem Flächenelemente (Hürden, Hindernisse)	Bewertung Bausystem Raummodule (Hürden, Hindernisse)	Schematische Bewertung
elektrische Heizung, Heizflächen	 Bauteilintegriert (Fußboden)	Positiv: Geringe Vorlauftemperaturen. Hoher Komfort. Geringe Betriebskosten.	Positiv: Geringe Vorlauftemperaturen. Hoher Komfort. Geringe Betriebskosten. Komplette Vormontage bis zur Modulgrenze möglich.	Komfort  Kosteneffizienz  Wartung  Energieeffizienz 
	 Bauteilintegriert (Decke)	Positiv: Niedrige Vorlauftemperaturen. Niedrige Betriebskosten.	Positiv: Niedrige Vorlauftemperaturen. Niedrige Betriebskosten. Komplette Vormontage bis zur Modulgrenze möglich.	Komfort  Kosteneffizienz  Wartung  Energieeffizienz 
	 Wandflächen / Spiegel / Elemente	Positiv: Geringe Installationskosten. Kein hydraulisches Leitungsnetz nötig. Vormontage Stromversorgung bis Elementgrenze möglich. Kaum Wartungsnotwendigkeit. Gute Regelbarkeit.	Positiv: Geringe Installationskosten. Kein hydraulisches Leitungsnetz nötig. Komplette Vormontage bis Modulgrenze möglich. Kaum Wartungsnotwendigkeit. Gute Regelbarkeit.	Komfort  Kosteneffizienz

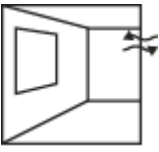
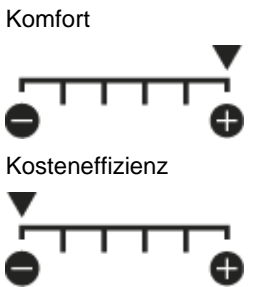
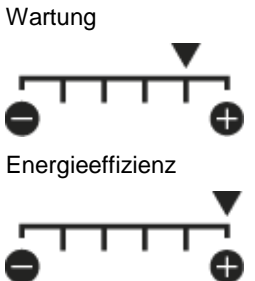
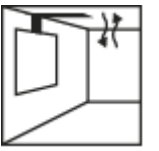
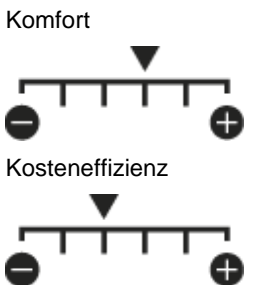
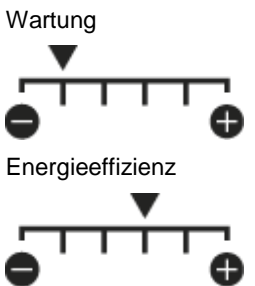
		<p>Negativ:</p> <p>Als Strahlungsheizkörper hohe Vorlauftemperaturen notwendig. Vormontage durch Gefahr der Beschädigung nicht möglich. Vormontage Stromversorgung nur bis Elementgrenze möglich. Energieeffizienz stark von Primärenergiebereitstellung abhängig.</p>	<p>Negativ:</p> <p>Als Strahlungsheizkörper hohe Vorlauftemperaturen notwendig. Energieeffizienz stark von Primärenergiebereitstellung abhängig.</p>	
--	--	---	---	---

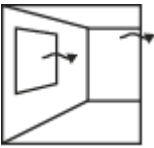


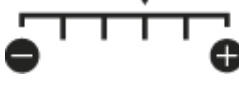
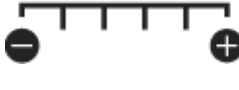
System & Typ	Umsetzung (als...)	Bewertung Bausystem Flächenelemente (Hürden, Hindernisse)	Bewertung Bausystem Raummodule (Hürden, Hindernisse)	Schematische Bewertung
Heizung über Lüftung		<p>Ausschließliche Beheizung über die Luft nur bei sehr geringem Heizwärmebedarf möglich. Komfortlösungen sehr teuer. Keine Vorfertigung möglich.</p>	<p>Ausschließliche Beheizung über die Luft nur bei sehr geringem Heizwärmebedarf möglich. Komfortlösungen sehr teuer. Keine Vorfertigung möglich.</p>	

7.5.3 Lüftungssysteme

Analog der Darstellung verschiedener Wärmebereitstellungssysteme fasst Tabelle 16 verschiedenartige Lüftungssysteme zusammen und bewertet diese und auf deren Umsetzbarkeit und Wirkung innerhalb der beiden Bausysteme.

Tabelle 16 Übersicht und Bewertung möglicher Lüftungssysteme

System & Typ	Umsetzung (als...)	Bewertung Bausystem Flächenelemente (Hürden, Hindernisse)	Bewertung Bausystem Raummodule (Hürden, Hindernisse)	Schematische Bewertung
Lüftung	 zentrale Systeme	Positiv: Hoher thermischer Komfort. Hohe Energieeffizienz. Gesicherte Luftqualität.	Positiv: Hoher thermischer Komfort. Hohe Energieeffizienz. Gesicherte Luftqualität. Sehr kompakte Installation in der Decke als Flurmodul möglich. Direkte Ver- und Entsorgung aller angrenzenden Zu- und Ablufträume.	Komfort 
		Negativ: Kaum Möglichkeiten der Vorfertigung. Hohe Installationskosten. Großer Raumbedarf in Zu-/Ableitungen und Schacht.	Negativ: Als wohnungsweise Lösung Außenwandöffnungen und entsprechende Zuleitungen erforderlich. Hohe Installationskosten. Großer Raumbedarf in Zu-/Ableitungen und Schacht.	Wartung 
Lüftung	 dezentrale Systeme (Pendellüfter)	Positiv: Vormontage möglich, jedoch Gefahr von Beschädigungen an ausragenden Komponenten. Keine vertikale Schachtführung erforderlich.	Positiv: Vormontage möglich. Keine vertikale Schachtführung erforderlich.	Komfort 
		Negativ: Raumübergreifende Erschließung von Ablufträumen nur als Baustellenmontage umsetzbar. Komplizierte Wartung mit Zugang nur über Wohnung. Viele mechanische Einzelbauteile. Wärmerückgewinnung max. 70%. Querlüftung nur bei separatem Anschluss der Ablufträume.	Negativ: Raumübergreifende Erschließung von Ablufträumen nur als Baustellenmontage umsetzbar. Komplizierte Wartung mit Zugang nur über Wohnung. Viele mechanische Einzelbauteile. Wärmerückgewinnung max. 70%. Querlüftung nur bei separatem Anschluss der Ablufträume.	Wartung 

 <p>semizentrale Systeme (Dezentrale Zuluft mit zentraler Abluft)</p>	<p>Positiv:</p> <p>Sehr kostengünstige Lösung, da zentrale Abluft in fensterlosen Bädern zwingend erforderlich. Über vertikale Ver-/Entsorgung eine zentrale Abluftanlage mit der Option der Wärmerückgewinnung durch Abluftwärmepumpe möglich. Zentrale Warmwasserbereitstellung mit guten COP möglich. Optimale Kombination mit Stromheizung.</p>	<p>Positiv:</p> <p>Sehr kostengünstige Lösung, da zentrale Abluft in fensterlosen Bädern zwingend erforderlich. Über vertikale Ver-/Entsorgung eine zentrale Abluftanlage mit der Option der Wärmerückgewinnung durch Abluftwärmepumpe möglich. Zentrale Warmwasserbereitstellung mit guten COP möglich. Optimale Kombination mit Stromheizung.</p>	<p>Komfort</p>  <p>Kosteneffizienz</p>  <p>Wartung</p>  <p>Energieeffizienz</p> 
	<p>Negativ:</p> <p>Ohne Abluftwärmepumpe keine Wärmerückgewinnung mit geringer Energieeffizienz. Behaglichkeitsprobleme im Nachströmbereich bei hohen Volumenströmen. Zur Verbesserung Kombination mit Fensterlüftung erforderlich.</p>	<p>Negativ:</p> <p>Ohne Abluftwärmepumpe keine Wärmerückgewinnung mit geringer Energieeffizienz. Behaglichkeitsprobleme im Nachströmbereich bei hohen Volumenströmen. Zur Verbesserung Kombination mit Fensterlüftung erforderlich.</p>	

Mit besonderem Augenmerk auf die Kosteneffizienz bei gleichzeitig geringem Wartungsaufwand ergeben sich für den sozialen Wohnungsbau folgende interessante Versorgungssysteme:

- hydraulisch geführte Konvektoren mit semizentralem Lüftungssystem
- hydraulisch geführte Sockelleistenheizung mit semizentralem Lüftungssystem
- elektrische Heizkörper mit semizentralem Lüftungssystem.

Da jedoch Sockelleistenheizungen im Bausystem aus Flächenelementen durch eine fehlende Vorsatzschale kaum möglich sind und für Raummodule teils Einschränkungen im statischen System resultieren, wird diese Versorgungsvariante in künftigen Betrachtungen nicht weiter verfolgt.

Weiter sind Wärmeverteilsysteme als Bindeglied der ausgewählten Versorgungsvarianten (Gas, Fernwärme und PV-Strom) mit den Wärmebereitstellungssystemen zu bestimmen. In der Systematik der TGA-Zonen, sind die Wärmeverteilsysteme in TGA Zone 2 repräsentiert. Abbildung 124 stellt dabei drei gängige Wärmeverteilungssysteme dar.



Abbildung 124 Zentrale, dezentrale und semizentrale Wärmeverteilssysteme

Zentrale Verteilssysteme zeichnen sich dabei durch eine zentrale Wärmebereitstellung und eine zentrale Wärmeverteilung aus. Für Trinkwassersysteme ist demnach eine Zirkulationsleitung vorzusehen.

Dezentrale Systeme sehen die Wärmebereitstellung dezentral in einzelnen Wohnungseinheiten vor. Eine Zirkulationsleitung ist hierbei nicht vorzusehen. Die Versorgung der dezentralen Einheiten mit Energieträgern (z.B. Gas) ist jedoch zu gewährleisten.

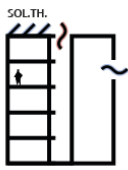
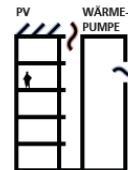
Ein Hybrid-System bilden Wohnungsstationen (auch Frischwasserstationen /-module genannt), die zwar über eine zentrale Wärmeversorgungseinheit verfügen, die Trinkwassererwärmung aber mithilfe eines Wärmetauschers dezentral gewähren. Eine Zirkulationsleitung ist demnach nicht vorzusehen.

7.5.4 Auswahl Versorgungssysteme

Wohnungsstationen werden vonseiten der Wohnungsbaugesellschaften und der Systemhersteller heutzutage priorisiert, da sowohl der dezentrale Einsatz mit dem dort installierten Wärmetauscher Zirkulationsleitungen ersetzt und demnach der Installationsaufwand geringer ausfällt.

Für weiterfolgende detaillierte TGA-Planungsleistungen, Nachweise und Kostenberechnungen werden die in Tabelle 17 dargestellten Versorgungssysteme betrachtet.

Tabelle 17 Auswahl weiter zu betrachtender Gesamt-Versorgungssysteme

 <p>Variante Gas / Fernwärme</p>	 <p>Variante PV-Strom</p>
<p>Wärmeerzeugung Heizung zentraler Gas-BW Kessel (+ Solarthermie) bzw. Fernwärme</p>	<p>Wärmeerzeugung Heizung PV-Strom + Netzstrom</p>
<p>Wärmeerzeugung TWW zentraler Gas-BW Kessel (+Solarthermie) bzw. Fernwärme</p>	<p>Wärmeerzeugung TWW Abluft-Wärmepumpe</p>
<p>Wärmeverteilung Heizung zentrale Wärmeverteilung, hydraulisch</p>	<p>Wärmeverteilung Heizung zentrale Wärmeverteilung, hydraulisch</p>
<p>Wärmeverteilung TWW dezentrale Wärmeübertragung auf Trinkwasser über Wohnungsstationen; keine Zirkulationsleitung notwendig</p>	<p>Wärmeverteilung Heizung dezentrale Wärmeübertragung auf Trinkwasser über Wohnungsstationen; keine Zirkulationsleitung notwendig</p>
<p>Wärmebereitstellung Heizung Heizkörper (Konvektor)</p>	<p>Wärmebereitstellung Heizung Strom-Direktheizung</p>
<p>Lüftung semizentral</p>	<p>Lüftung semizentral mit Abluft-WP</p>

7.6 Dimensionierung und Auslegung der TGA-Systemkomponenten anhand drei Energieversorgungsvarianten für den Systembaukasten

7.6.1 Hintergrund der Untersuchungen

In diesem Kapitel wird die Technische Gebäudeausrüstung für die unterschiedlichen Gewerke detailliert geplant, berechnet und konzipiert. In den Bereichen der Heizungs- und Lüftungsplanung liegt das Hauptaugenmerk darin, ein behagliches Raumklima und den thermischen Komfort für die Bewohner sicherzustellen. Die Planungen für den Energiebedarf und die Energiebereitstellung in den Bereichen der Heizungs-, Warmwasser- und Lüftungstechnik sind dabei optimal aufeinander abgestimmt und verknüpft. Das angestrebte Ziel, ein nachhaltiges und energieeffizientes Energiekonzept unter Berücksichtigung der Kostenoptimierung für eine modularisierte und industrialisierte Vorfertigung zu schaffen wird anhand der nachfolgenden Ergebnisse durch Berechnungen, Simulationen und Anlagendimensionierungen dargestellt.

Auf Basis dieser Berechnungen wird die Planung der TGA-Zone 1 „Technikzentralen“ vorgenommen, um den notwendigen Platzbedarf zu ermitteln. Die Frage nach der benötigten Grundfläche für Technikräume und Einbauten ist von besonderer Bedeutung, da eine Reduktion der vermietbaren Wohnnutzfläche infolge überdimensionierter Technikräume verhindert werden muss. Außerdem wird mit diesen Ergebnissen in Kapitel 9.5 die Kostenkalkulation für die KG 400 abgebildet und die Berechnung der Betriebskosten durchgeführt.

Als Grundlage für die detaillierte Energieplanung dienen die Pläne bzw. Unterlagen der Referenzgebäude „Regelfall“ und „Suffizienz“ aus Kapitel 5.4 sowie deren energetischer Baustandard in Kombination mit dem Standort Erfurt für die zugrundeliegenden Wetterdaten.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die genauen Angaben der technischen Gebäudesysteme und deren jeweiliger Einfluss auf die primärenergetische Gebäudeenergiebilanz in enger Abstimmung mit den in Kapitel 9.4 abgebildeten Ergebnissen der EnEV-Bilanzierungen erfolgen.

7.6.2 Heizungstechnik zur Raumwärmeversorgung

Wärmeerzeugung

Für die Wärmeerzeugung bzw. Wärmeversorgung werden in Abhängigkeit der drei Energieversorgungsvarianten unterschiedliche TGA-Systeme betrachtet. Bei der ersten Variante "Gas" erfolgt die Wärmeerzeugung in der TGA-Zone 1 mittels einer zentralen Brennwerttherme und als Primärenergieträger wird Gas in der TGA-Zone 0 eingesetzt. Bei der zweiten Variante "Fernwärme" wird in TGA-Zone 1 mittels Übergabestation die notwendige Heizleistung zur Raumwärmeversorgung bereitgestellt. Die dritte Variante "PV-Strom" nutzt in TGA-Zone 4 als Erzeuger von Wärme und elektrischer Energie die elektrische Leistungsbereitstellung der auf dem Dach des Gebäudes installierten Photovoltaikanlage.

Die genaue Dimensionierung der genannten Wärmeerzeuger und der raumweisen Wärmebereitstellung erfolgt durch eine Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 "Heizsysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast" [7.7]. Hierbei ist als eine der wichtigsten Rahmenbedingungen die Norm-Außentemperatur zu nennen, welche sich am Standort Erfurt mit -14 °C bezieht. Um die Berechnung in einen gesamtheitlichen Kontext zu stellen, sei darauf hingewiesen, dass sich 97,3 % der deutschlandweiten Norm-Außentemperaturen in Abhängigkeit vom Standort zwischen -10 °C und -16 °C bewegen. In diesem Zusammenhang wird somit garantiert, dass die Norm-Außentemperatur am gewählten Standort einen breiten Anwendungsfall darstellt. Laut Norm werden für die Berechnung der Norm-Heizlast die Energieströme von Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten berücksichtigt. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wird jedoch für die Variante "Suffizienz" die Heizlast nach DIN EN 12831 um die Energieströme der solaren und internen Gewinne erweitert. Zur Quantifizierung dieser beiden Faktoren werden Simulationen eines repräsentativen Raumes (Wohn-/Koch-/Esszimmer im 4.OG) in der TGA-Zone 3 durchgeführt und in Bezug auf das Gebäude angewendet. Die unten stehende Abbildung 125 stellt die Auswertung dieser Simulation dar und zeigt den zeitlichen Verlauf der Raumlufttemperatur in Abhängigkeit der spezifischen Heizleistung (rot/blau) bzw. die Außenlufttemperatur (grün).

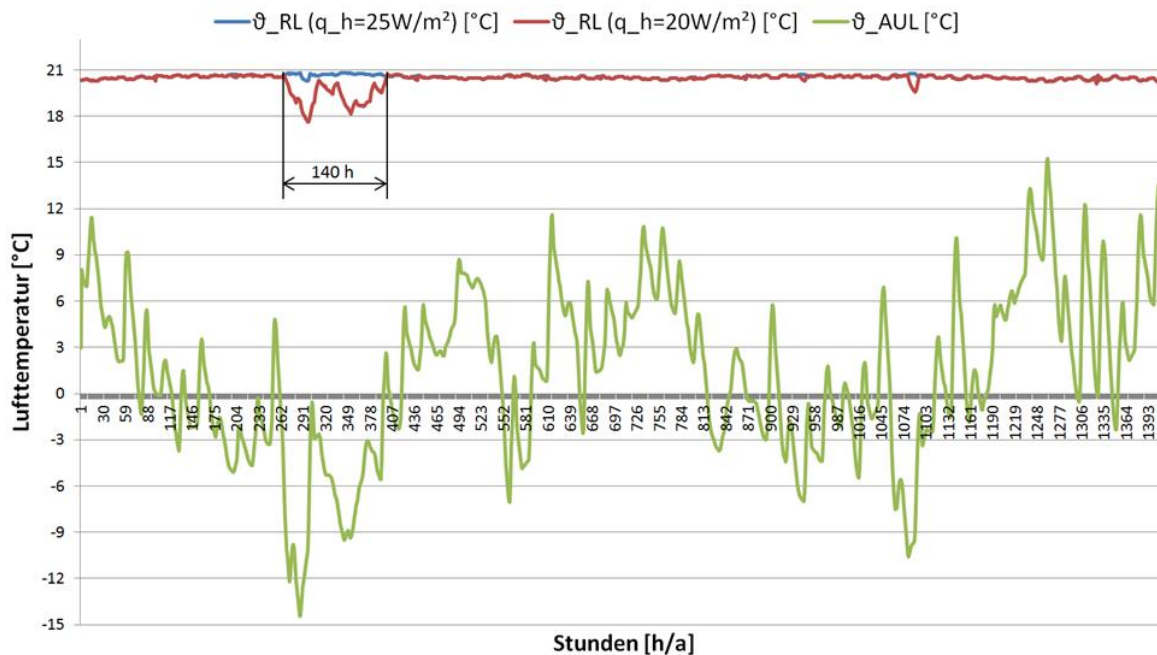


Abbildung 125 Ergebnisse der simulationsgestützten Heizlastberechnung

Der dargestellte Zeitraum der Simulation erstreckt sich vom 1. Januar bis 1. März und ist als Stunde 1 bis Stunde 1416 abgebildet. Laut den Wetterdaten für Erfurt spiegelt dieser Bereich die kälteste Periode eines Jahres mit kurzfristigen Außenlufttemperaturen von bis zu -15°C . Die Simulationsergebnisse zeigen, dass bei einer eingebrachten spezifischen Heizleistung von 25 W/m^2 (blau) es möglich ist, die angestrebte Raumlufttemperatur von 20°C dauerhaft sicherzustellen. Im Vergleich dazu ist mit 20 W/m^2 ein Zeitraum von ca. 6 Tagen zu erwarten, an denen die Raumlufttemperatur den Sollwert nicht erreicht und auf bis zu 18°C absinkt. Aus diesem Grund wird somit bei "Suffizienz" für weiterführende Berechnungen wie z.B. der Heizflächenauslegung der Wert von 25 W/m^2 Heizleistung gewählt. Demgegenüber steht für diesen simulierten Raum laut Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 ein Wert von 39 W/m^2 . Durch die "worst-case" Simulation wird anhand dieser Zahlen deutlich, in welcher Größenordnung eine Überdimensionierung des Wärmeerzeugers in TGA-Zone 1 bzw. in weiterer Folge des Wärmeabgabesystems in TGA-Zone 3 erfolgen würde. Für die Variante "Suffizienz" wird die simulationsgestützte Heizlastberechnung herangezogen und das normkonforme Berechnungsverfahren nach DIN EN 12831 wird für den "Regelfall" verwendet. Die Begründung dafür liegt darin, dass dadurch bei der Suffizienzvariante keine Überdimensionierungen stattfinden und Kostenoptimierungen infolge geringerer Heizleistungen erreicht werden sollen. Die nachfolgende Tabelle 18 zeigt die Ergebnisse der Heizlastberechnung beider Berechnungsverfahren.

Tabelle 18 Ergebnisse Heizlastberechnung und Dimensionierung der Wärmeerzeuger

Heizlast [kW]	Bausystem Raummodule	Bausystem Flächenelemente
Regelfall	58,2	54,4
Suffizienz	41,3	43,8

Durch die Ergebnisse der Heizlastberechnungen für die Referenzgebäude “Regelfall” und “Suffizienz” ist die minimale Leistungsanforderung der Wärmeerzeuger bekannt. Darauf aufbauend wird die Dimensionierung der Gas-Brennwerttherme bzw. FW-Übergabestation für die TGA-Zone 1 und der PV-Anlage für die TGA-Zone 4 durchgeführt. Außerdem können nach Fertigstellung der Heizlastberechnung die Investitionskosten bzw. die Betriebskosten (siehe Kapitel 9.5) berechnet und der Platzbedarf des Wärmeerzeugers (siehe Kapitel 7.6.5) bestimmt werden. Zusätzlich werden mit diesen Resultaten weiterführende Berechnungen zur detaillierten Planung der TGA-Komponenten wie z.B. dem Versorgungschacht für die TGA-Zone 2 oder der Heizflächenauslegung für die TGA-Zone 3 ausgeführt. Tabelle 19 fasst die Wärmeerzeuger der gewählten Energieerzeugungssysteme zusammen.

Tabelle 19 Zusammenstellung der Energieerzeugungssysteme in Abhängigkeit der betrachteten Ausstattungsstandards

Regelfall		
Gas	Fernwärme	PV-Strom
Brennwerttherme, Betriebstemperaturen: 60°C/40°C, Heizleistung: 11,7-58,5 kW	Übergabestation, Betriebstemperaturen: min. 75°C/45°C, Heizleistung bis max. 80 kW	PV-Anlage, Bausystem Raummodule: 189 Module - 56,7 kWp, Bausystem Flächenelemente: 222 Module - 66,6 kWp
Suffizienz		
Gas	Fernwärme	PV-Strom
Brennwerttherme, Betriebstemperaturen: 60°C/40°C, Heizleistung: 11,7-43,9 kW	Übergabestation, Betriebstemperaturen: min. 90°C/45°C, Heizleistung bis max. 45 kW	PV-Anlage, Bausystem Raummodule: 189 Module - 56,7 kWp, Bausystem Flächenelemente: 222 Module - 66,6 kWp

Bei der Variante “Fernwärme” erfolgt die Wärmeversorgung für die Raumwärme aus dem Fernwärmenetz in TGA-Zone 0. Die Wärmeerzeugung wird durch die im Technikraum, installierte Fernwärme-Übergabestation sichergestellt. Die Anlage wird als indirekter Anschluss ausgeführt und somit sind die Wärmeträger primär- und sekundärseitig durch den Wärmetauscher druck- und temperaturmäßig getrennt.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass bei der Variante “PV-Strom” neben der Leistung für die elektrische Flächenheizung auch die elektrische Leistungsbereitstellung für den Betriebs- und Haushaltsstrom produziert wird. Aus diesem Grund wird bei beiden Systemen und sowohl beim “Regelfall” als auch “Suffizienz” die gesamte Dachfläche mit PV-Modulen in TGA-Zone 4 belegt. Die folgenden Abbildung 126 und Abbildung 127 zeigen einerseits die schematische Darstellung der PV-Anlage und andererseits eine Dachansicht mit dem Belegungsplan der zu installierenden Module mit einem Aufständigungswinkel von 28° und Süd-Ausrichtung.

Bögl: 189 PV-Module (56,7 kWp), $A_{PV}=317 \text{ m}^2$
 Regnauer: 222 PV-Module (66,6 kWp), $A_{PV}=372 \text{ m}^2$
 Hersteller: SolarWorld, Type: Sunmodule plus SW 300 mono, 28° Aufständering, Süd-Ausrichtung

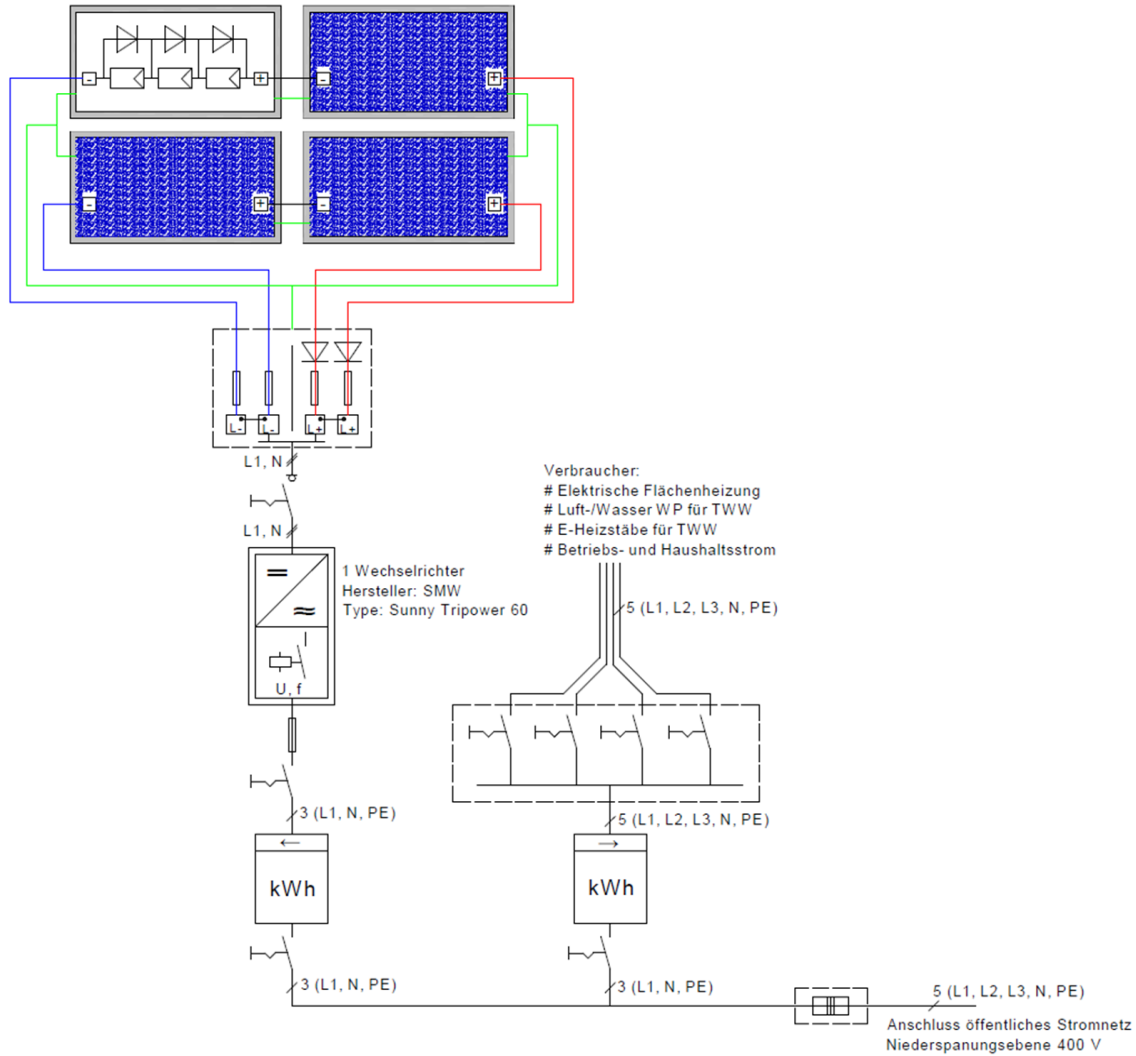


Abbildung 126 Ausschnitt einer Schemazeichnung zur PV-Anlage (gesamtes Schema im Anhang D)

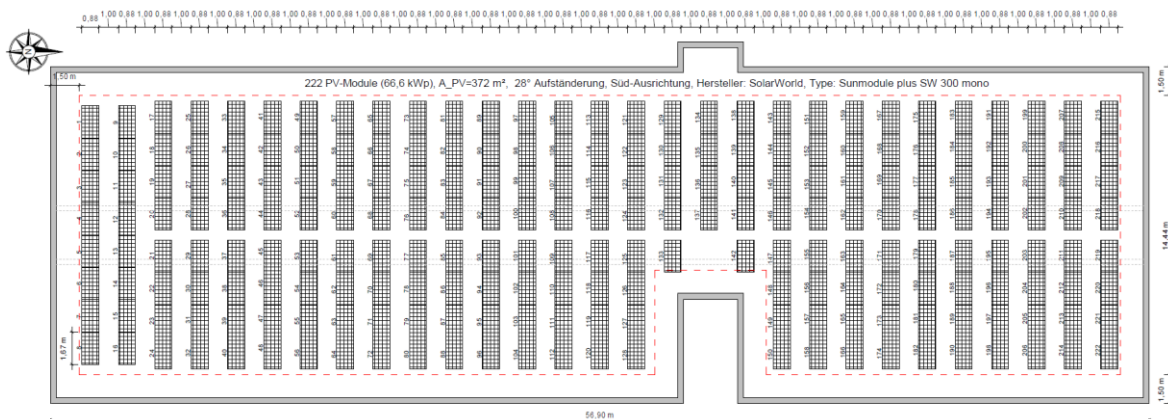


Abbildung 127 Dachansicht mit Belegungsplan der PV-Module (ohne Lüftungsleitungen dargestellt - gesamte Zeichnung im Anhang D)

Wärmeabgabesysteme

Auf Basis der raumweisen Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 für den "Regelfall" bzw. der nicht normkonformen simulationsgestützten Heizlastberechnung für "Suffizienz" erfolgt die genaue Dimensionierung und Auswahl von Type bzw. Leistung der Wärmeabgabesysteme. Je nach Versorgungsvariante kommen hierbei entweder Heizkörper bei "Gas" und "Fernwärme" oder eine elektrische Flächenheizung bei "PV-Strom" in den einzelnen Räumen für die TGA-Zone 3 zum Einsatz. Bei den wassergeführten Systemen werden die Wohnräume mit Kompaktheizkörpern und die Bäder mit Sprossenheizkörpern geplant. Die Dimensionierung erfolgt nach den gültigen Normen zur Heizkörperauslegung DIN 4703-3 "Raumheizkörper" [7.8] bzw. VDI 6030-1 "Auslegung von freien Raumheizflächen" [7.9]. Dazu werden als wesentliche Randbedingung folgenden Systembetriebstemperaturen auf Basis einer effizienten Nutzung der Wärmeerzeuger festgelegt: Vorlauftemperatur=60°C und Rücklauftemperatur=40°C. Die gesamte Verrohrung des Rohrnetzes im Gebäude erfolgt mittels eines Zweirohrsystems. Jeder Heizkörper ist an den getrennten Heizungsvorlauf und Heizungsrücklauf angeschlossen und erhält somit die gleiche Vorlauftemperatur. Der Massenstrom im Strang nimmt in Richtung des letzten Verbrauchers ab, demzufolge können die Rohrleitungsdimensionen kleiner gewählt werden. Die Position der Kompaktheizkörper wird einerseits unter fest verglasten Fensterflächen und andererseits bei öffnenbaren Außenfenstern bzw. Balkontüren in unmittelbarer Nähe, an der angrenzenden Außenwand gewählt. Durch den hohen energetischen Wärmeschutz bzw. den bauphysikalischen Standard von Außenfenstern spielt die Anordnung der Heizkörper eine untergeordnete Rolle. Ein Kaltluftabfall durch kalte Oberflächentemperaturen der Glasscheiben wird dadurch verhindert und die Position der Heizflächen kann im Raum grundsätzlich frei gewählt werden. Als Begründung für die hier gewählte Anordnung sind die Überströmöffnungen für die Frischluftversorgung anzuführen, welche oberhalb der Fenster positioniert sind und die Heizkörper können einem eventuell auftretenden Kaltluftabfall entgegenwirken. Bei der Auslegung der Heizkörper wurde versucht, Skaleneffekte hinsichtlich der Investitionskosten zu erreichen. Das bedeutet, es wird in einem ersten Schritt der Heizflächenauslegung in Abhängigkeit der Norm-Raumheizlast ein entsprechender Heizkörper für jeden einzelnen Raum gewählt. Darauf aufbauend wird im zweiten Schritt ein adäquater Heizkörper für alle Räume im Gebäude verwendet. Resultierend werden die Heizkörper in den Räumen mit geringerer Raumheizlast (Schlaf- und Kinderzimmer) überdimensioniert und jene mit höherer Raumheizlast (Ess-, Koch-, Wohnraum) unterdimensioniert. An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, dass in Summe jede Wohneinheit mit ausreichend Heizleistung versorgt wird, um die Norm-Innentemperatur zu erreichen. Die unten stehende Abbildung 128 zeigt einen Ausschnitt des Referenzgebäudes "Regelfall" für die Heizkörperauslegung in einer Wohneinheit im 4.Obergeschoß. Hierbei soll die Methode zur Nutzung der Skaleneffekte grafisch veranschaulicht

werden und vergleicht die raumweise Auslegung der Heizkörper (oben) mit jener der “Einheits”-Heizkörper (unten).

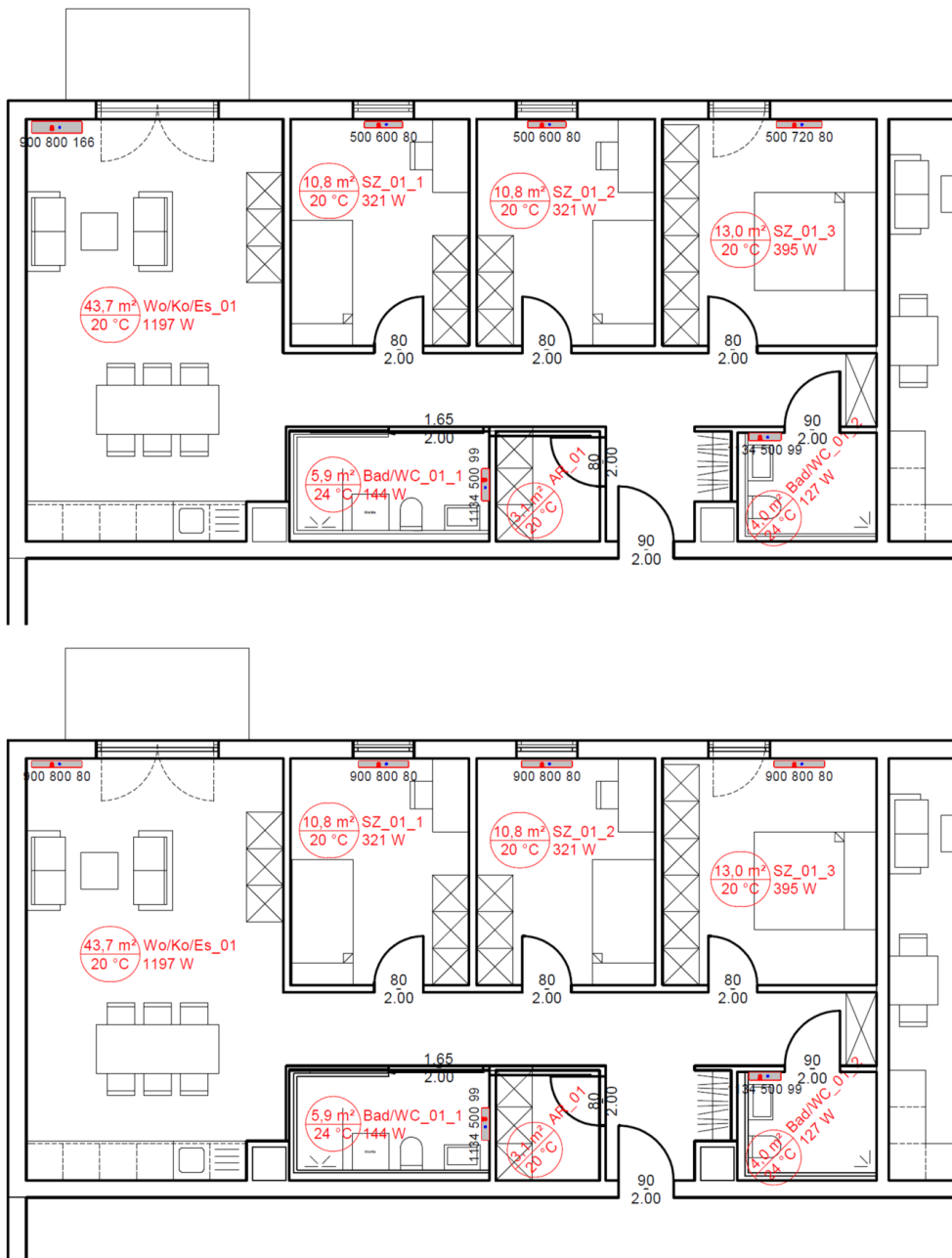


Abbildung 128 Ausschnitt der Grundrisspläne für die Heizflächendimensionierung nach Norm (oben) und des “Einheits” Heizkörpers (unten)

Bei der “PV-Strom” Variante wird in TGA-Zone 3 als Wärmeabgabesystem eine elektrische Flächenheizung eingesetzt. Die Ergebnisse der in Kapitel 9.4 durchgeführten EnEV-Berechnung zeigen, dass diese Variante erst bei einem Primärenergiefaktor für Strom von 1,5 hinsichtlich der Normgebung und primärenergetischen Betrachtung zulässig wäre. In diesem Kontext wird eine Simulation

durchgeführt, welche das Heizverhalten unter Berücksichtigung stündlicher Primärenergiefaktoren nach [7.10] berücksichtigt. Hierbei soll aufgezeigt werden, dass durch intelligentes Lastmanagement die Anwendung der “PV-Strom” Variante bereits heute ohne Einschränkungen möglich ist. Basis der Überlegungen ist die Definition der wesentlichen Randbedingung, dass die elektrische Flächenheizung nur in Betrieb gehen darf, sobald der PEF unter 1,5 liegt. Während dieser Phasen soll der simulierte Raum soweit aufgeheizt werden, dass durch ein thermisches Lastmanagement der anschließende Zeitraum, in dem sich der PEF über 1,5 befindet, möglichst lange überbrückt werden kann.

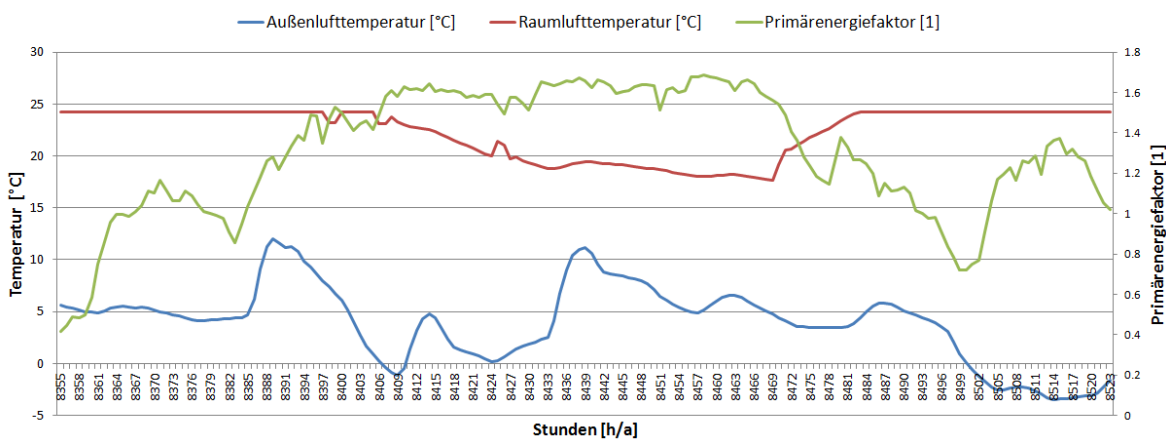


Abbildung 129 Ergebnisse der Simulation zur elektrischen Flächenheizung und deren Lastverschiebung unter Berücksichtigung stündlicher Primärenergiefaktoren

Die oben dargestellte Abbildung 129 zeigt, den zeitlichen Verlauf der Außenlufttemperatur (blau), des stündlichen Primärenergiefaktors für Strom (grün) und der Raumlufttemperatur des simulierten Raumes (rot) unter Berücksichtigung des möglichen Heizverhaltens. Der dargestellte Zeitraum der Simulation bildet eine Woche Mitte Dezember ab und erstreckt sich von Stunde 8355 bis Stunde 8523 eines Jahres. Laut den zugrundeliegenden Ausgangsdaten der stündlichen Primärenergiefaktoren nach [7.10] befindet sich in diesem Zeitraum der längste Bereich, in dem der PEF über 1,5 liegt und stellt somit das “worst-case” Szenario dar. Als Simulationsrandbedingung wird festgelegt, dass es bei einem Primärenergiefaktor unter 1,5 zulässig ist, den Raum auf eine Referenztemperatur von 24°C aufzuheizen. In Zeiten in denen sich der PEF über 1,5 befindet wird der Raum nicht beheizt und die Raumlufttemperatur sinkt aufgrund Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten ab. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die Raumlufttemperatur nach Überschreiten des PEF-Grenzwerts von 1,5 kontinuierlich bis zu einem Minimum von 18°C absinkt. Der Zeitraum in dem sich die Raumlufttemperatur unter der von der EnEV geforderten 19°C befindet, dauert ca. 24 Stunden und stellt somit keine Beeinträchtigung hinsichtlich thermischer Behaglichkeit dar. Aus diesem Grund lässt sich an dieser Stelle festhalten, dass die elektrische Flächenheizung in Kombination mit einer intel-

lignenten Regelungsstrategie bereits heute problemlos zum Einsatz kommen kann. Auch die geforderten Behaglichkeitskriterien und energetischen Anforderungen können durch dieses Zusammenspiel realisiert werden.

7.6.3 Bereitstellung des Trinkwarmwasserbedarfs

Wärmeerzeugung

Für die Bereitstellung von Trinkwarmwasser wird bei der Variante "Gas" eine thermische Solaranlage mit Flachkollektoren in TGA-Zone 4 auf dem Dach des Gebäudes vorgesehen. Die installierte Kollektorfläche ist in Abhängigkeit der Bewohneranzahl sowie den gesetzlichen Vorschriften in Form von EEWG und EnEV, unter Berücksichtigung der primärenergetischen Vorgaben (siehe Kapitel 9.4 - EnEV), dimensioniert. Folgende Tabelle 20 fasst die Dimensionierung der zu installierenden Solarkollektoren zusammen:

Tabelle 20 Anzahl Kollektoren der Solarthermischen Anlagen

Anzahl Solarthermiekollektoren	Bausystem Raummodule	Bausystem Flächenelemente
Regelfall	51	52
Suffizienz	52	51

Um eine möglichst hohe solare Einstrahlung zu erreichen, sind die Kollektoren mit 45° Neigung nach Süden ausgerichtet. Diese Art der Versorgung produziert umweltfreundlich und energieeffizient die Wärme für das benötigte Warmwasser der Nutzer. In den Monaten mit geringer solarer Einstrahlung kann die Solarthermie nur als Unterstützung zur Brauchwarmwasserbereitung genutzt werden. Die Differenz zwischen dem benötigten Wärmebedarf und der solarthermischen Kollektorleistung wird in TGA-Zone 1 mittels Gas-Brennwerttherme ausgeglichen. Die unten stehende Abbildung 130 zeigt einen Ausschnitt einer Schemazeichnung zur Heizungstechnik mit der geplanten Solarthermischen Anlage als primärer Wärmeerzeuger und der Therme als sekundären Wärmeerzeuger.

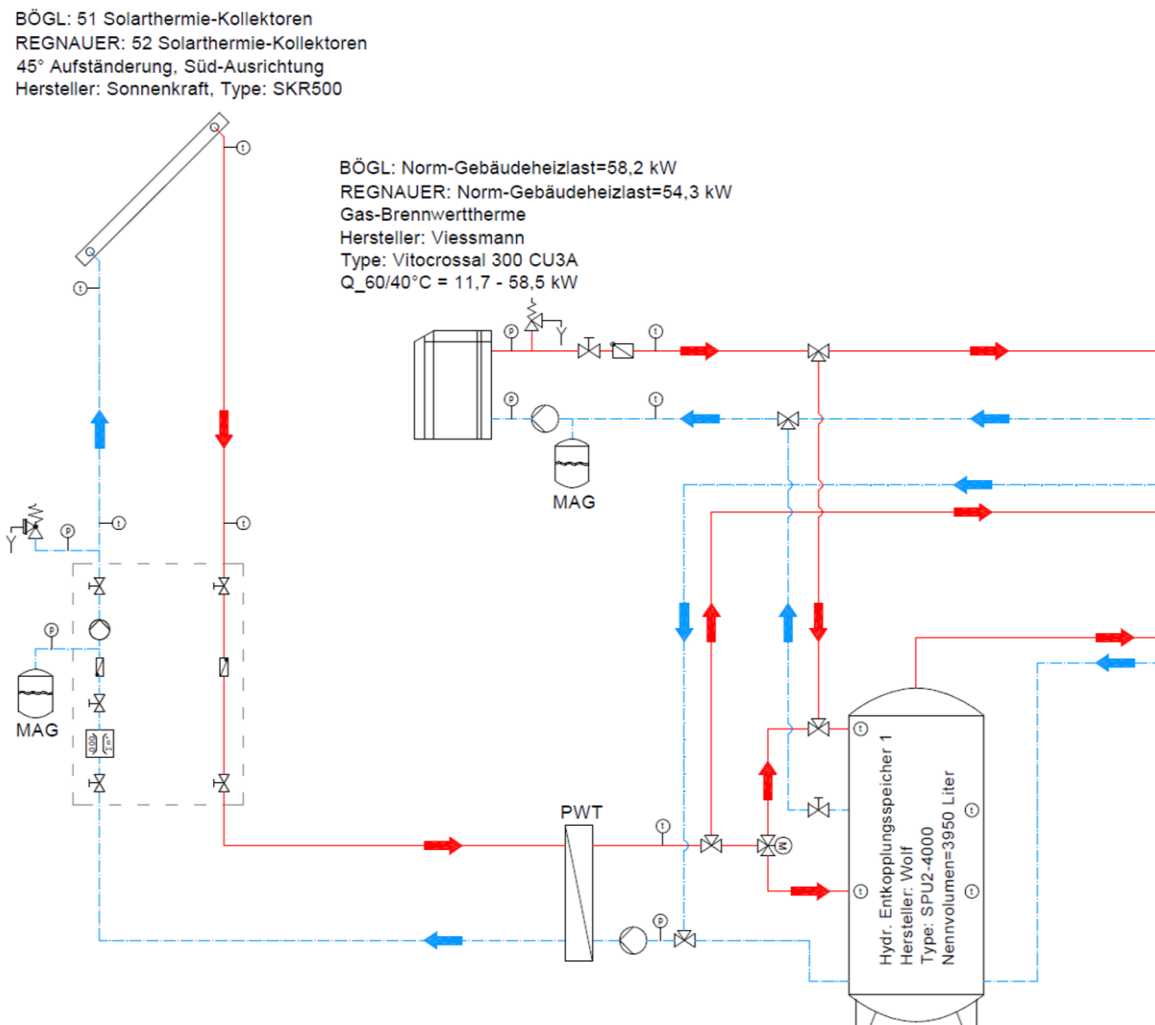


Abbildung 130 Ausschnitt einer Schemazeichnung zur Heizungstechnik (gesamtes Schema im Anhang D)

Der Solarvor- und rücklauf ist mit einem hydraulischen Entkopplungsspeicher verbunden. Die von den Kollektoren aufgenommene Wärmemenge wird über einen externen Plattentauscher, welcher vor den hydraulischen Entkopplungsspeichern positioniert ist, übertragen. Zwischen den Flachkollektoren und dem Wärmetauscher ist die Solar-Pumpenbaugruppe installiert. Diese beinhaltet neben der Solarpumpe auch die notwendigen Sicherheitsarmaturen bzw. Mess- und Regelungstechnische Einrichtungen. In den Perioden ohne bzw. mit nur geringer solarer Einstrahlung würde durch die fehlende Wärmemenge der Kollektoren nicht ausreichend Heizleistung für die Trinkwarmwasserbereitung zur Verfügung stehen. Daher muss auch noch eine Zusatzheizung vorhanden sein. Für diesen Zweck kommt als sekundärer Wärmeerzeuger die Gas-Brennwerttherme zum Einsatz. Der Kessel gleicht die fluktuierende Erzeugung der Solaranlage aus und damit die Differenz zwischen ver-

fügbarer und benötigter Wärmemenge für die Bereitstellung von Trinkwarmwasser. Die nachfolgende Abbildung 131 zeigt eine Dachansicht mit dem Belegungsplan der zu installierenden Flachkollektoren für die Solarthermische Anlage.

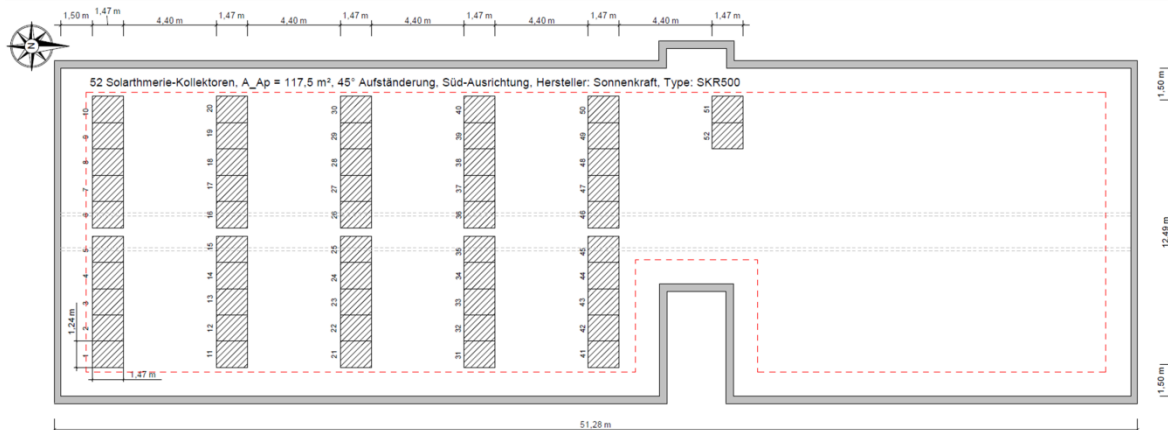


Abbildung 131 Dachansicht mit Belegungsplan der Solarthermie-Flachkollektoren (ohne Lüftungsleitungen dargestellt - gesamte Zeichnung im Anhang D)

Bei der Variante "Fernwärme" erfolgt die Wärmeversorgung zur Trinkwarmwasserbereitung des Gebäudes aus dem Fernwärmenetz. Die Wärmeerzeugung wird durch die im Technikraum, installierte Fernwärme-Übergabestation sichergestellt. Die Anlage wird als indirekter Anschluss ausgeführt und somit sind die Wärmeträger primär- und sekundärseitig durch den Wärmetauscher druck- und temperaturmäßig getrennt.

Die TWW-Bereitstellung bei der Variante "PV-Strom" wird mittels Warmwasser-Wärmepumpe in Kombination mit einem Abluft-Lüftungssystem sichergestellt. Diese Form der Wärmerückgewinnung bedeutet, dass die Wärmequelle Luft in Form der warmen Abluft aus den Innenräumen verwendet und dem Heizkreislauf zugeführt wird. Die zentrale mechanische Abluftanlage auf dem Dach des Gebäudes in TGA-Zone 4 beinhaltet ein kompaktes und hocheffizientes Wärmepumpenmodul für die Wärmeübertragung von Luft/Wasser. Die Abluft gibt die Wärme an den Verdampfer ab, der diese bei höheren Temperaturen über den Verflüssiger an den Heizkreislauf abgibt und die beiden Pufferspeicher mit Wärme versorgt. Die Begründung für die Verwendung von zwei Speichern liegt darin, dass die Raumhöhe für einen Speicher nicht ausreichen würde. Durch diese Form der Wärmerückgewinnung ist es ganzjährig möglich, die notwendige Wärmemenge zur TWW-Bereitung mittels Wärmepumpenprozess zu versorgen. Wie in Abbildung 132 ersichtlich, werden zur Redundanz elektrische Heizpatronen in den Heizwasserspeichern vorgesehen, um im Falle einer Störung oder Wartung der mechanischen Abluftanlage auch Warmwasser für die Bewohner ohne zeitliche Unterbrechung sicherstellen zu können.

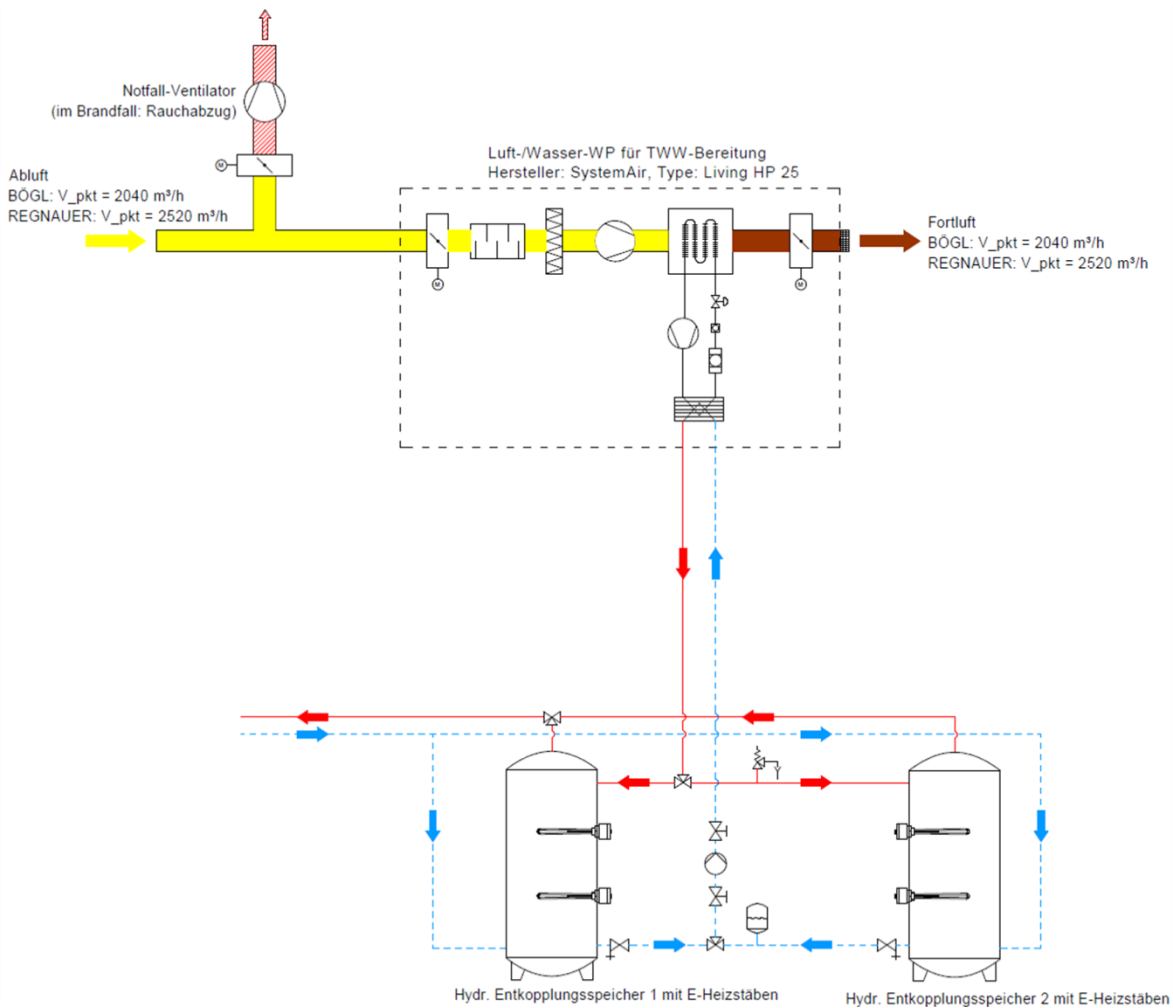


Abbildung 132 Ausschnitt Schemazeichnung zur TWW-Bereitung mittels Wärmepumpe bei der Variante "PV-Strom" (gesamtes Schema im Anhang D)

Wärmebereitstellung

Um auch in den Abendstunden, während der Nacht und morgens Warmwasser zur Verfügung stellen zu können, wird die regenerativ erzeugte Energie durch Solarthermie bzw. PV bei den Varianten "Gas" bzw. "PV-Strom" in Speicher zwischengelagert. Die Speichergröße berechnet sich in Abhängigkeit des Trinkwarmwasserbedarfs nach VDI 6002-1 "Solare Trinkwassererwärmung" [7.11] der im Gebäude wohnenden Nutzer bzw. anhand der vorgesehenen Kollektorfläche. Für die thermische Energiespeicherung des Heizwassers werden in TGA-Zone 1 zwei hochwärmedämmende, hydraulisch entkoppelte Heizwasserspeicher mit einem jeweiligen Nennvolumen von 3950 Litern bei "Gas" bzw. 2700 Litern bei "PV-Strom" vorgesehen. An dieser Stelle ist anzuführen, dass das Aufteilen des benötigten Speichervolumens auf zwei Speicher auf die begrenzte Raumhöhe zurückzuführen ist. Ausgehend von den Pufferspeichern erfolgt in TGA-Zone 2 zuerst die horizontale Verrohrung zu den

einzelnen Versorgungschächten und anschließend die weiterführende vertikale Wärmeverteilung bis hin zu TGA-Zone 3, der Verteilung innerhalb der Wohneinheiten und deren Verbrauchern.

Bei allen drei Versorgungskonzepten stellt die Wärmesenke die dauerhafte Bereitstellung von Trinkwarmwasser dar. Zu diesem Zweck wird in jeder Wohneinheit in TGA-Zone 3 ein dezentrales Frischwassermodul, welches die Schnittstelle zu TGA-Zone 2 darstellt, eingesetzt. Diese funktionieren auf Basis des Durchlauferhitzerprinzips und dienen der komfortablen bzw. hinsichtlich Legionellengefahr hygienisch einwandfreien Trinkwassererwärmung. Dadurch ist kein separater TWW-Speicher erforderlich und das warme Wasser muss nicht stunden- oder tagelang gespeichert werden. Im Bedarfsfall wird aus den Heizwasserspeichern die Wärmemenge entnommen und das Kaltwasser über die leistungsfähigen Plattenwärmetauscher in den Wohneinheiten erwärmt. Außerdem sind die Wohnungsstationen durch die sehr gute Auskühlung des Heizungswassers in den Plattenwärmetauschern infolge der niedrigen Rücklauftemperaturen optimal zur Einbindung in die Brennwerttherme bzw. Solaranlage geeignet und führen zu einer Effizienzsteigerung. Aus diesen Gründen bieten die Frischwassermodule perfekten Komfort und optimale Hygiene sowie einen energiesparenden Betrieb. Die wohnungsweisen Frischwassermodule sind in nachfolgender Abbildung 133 schematisch dargestellt und die Verbraucher werden durch die Dusche, Waschbecken, WC, Waschmaschine und Küchenspüle symbolisiert.

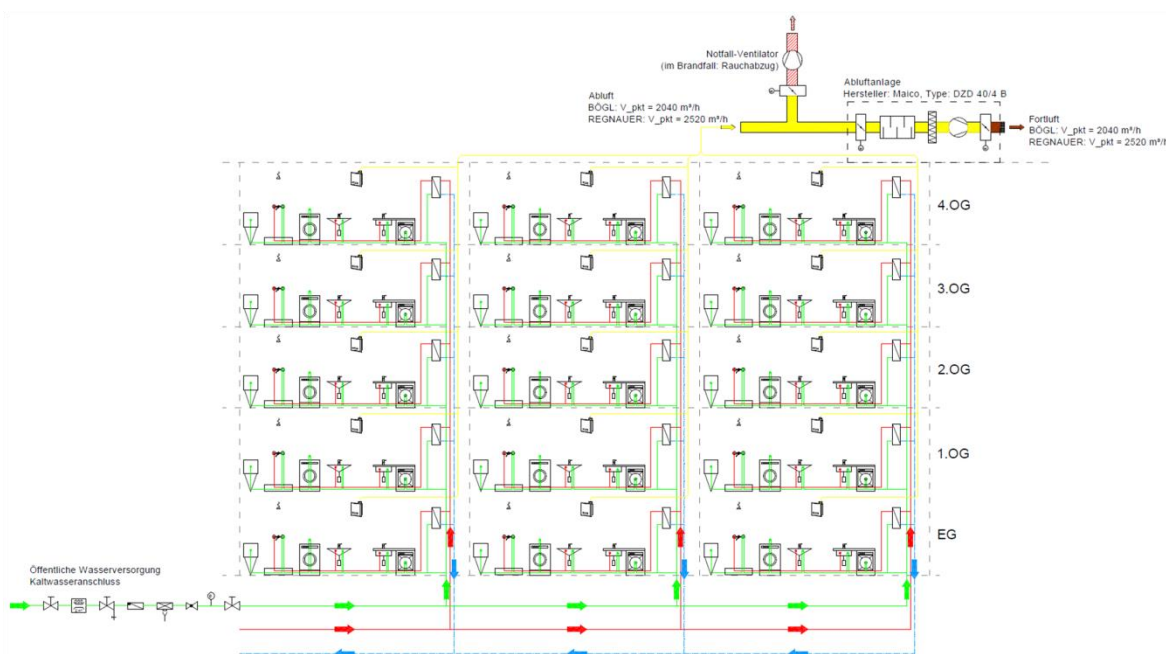


Abbildung 133 Ausschnitt einer Schemazeichnung zur Bereitstellung von TWW mittels dezentraler Frischwassermodule (gesamtes Schema in Anhang D)

Ein weiterer fundamentaler Planungsaspekt bei der Wasserversorgung ist die Sicherstellung der Trinkwassergüte in Kaltwasserleitungen für die TGA-Zonen 2 und 3. Hierbei ist einer der wesentlichen Maßnahmen, kalt gehenden Leitungen bis zur letzten Entnahmestelle zu dämmen. Dadurch wird bei den üblichen, unvermeidbaren Stagnationszeiten z. B. über Nacht eine Erwärmung des Trinkwassers auf über 25°C vermieden. Des Weiteren wird durch die gewählte Rohrleitungsführung der regelmäßige Wasseraustausch begünstigt und bietet somit einen konstruktiven Schutz für die Trinkwasserqualität. Als Anschlussart wird in TGA-Zone 3 eine Reihenleitung gewählt, bei der die erwartungsgemäß häufig genutzten Entnahmestellen in Fließrichtung hinter seltener genutzten Verbraucher angeordnet werden. Zu diesem Zweck werden Doppelwandscheiben zum Einschleifen der Leitungen von Entnahmestelle zu Entnahmestelle eingesetzt. Die Reihenleitung wird wie in Abbildung 134 ersichtlich so konzipiert, dass die am häufigsten genutzte Armatur (WC) am Ende und der Waschtisch, die Dusche bzw. die Spüle hingegen zuvor positioniert werden.

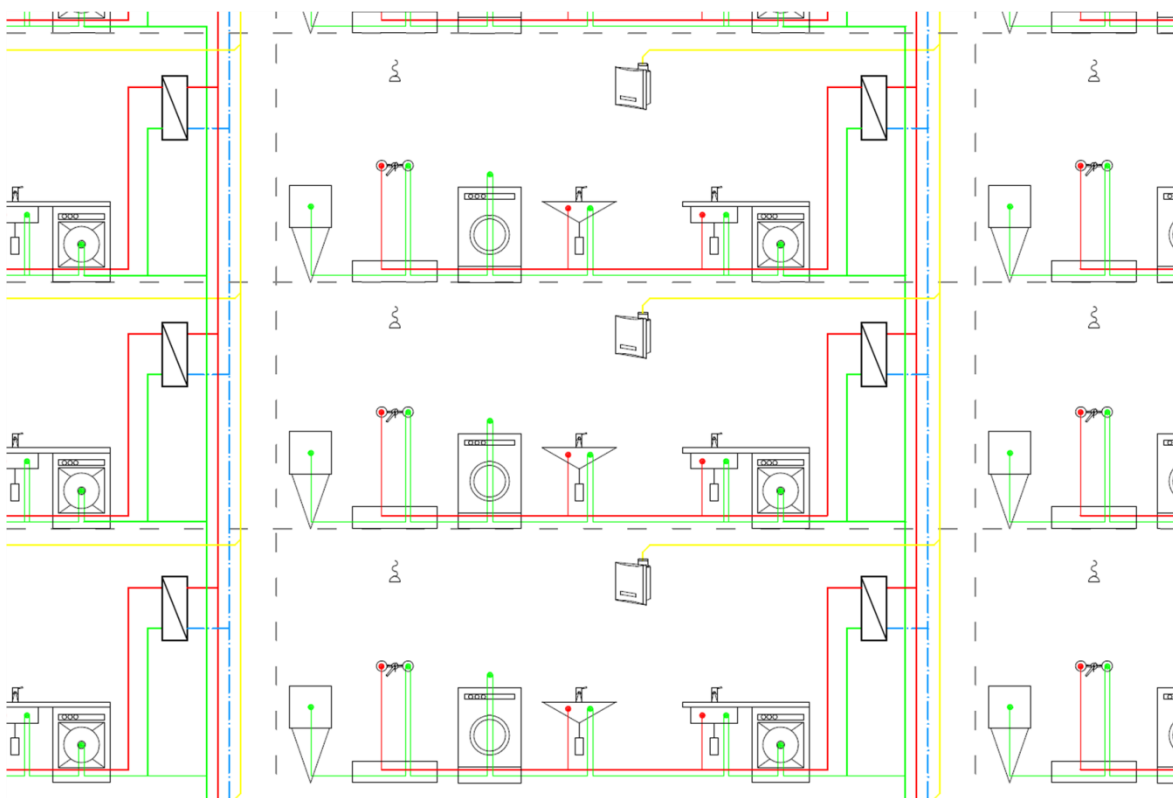


Abbildung 134 Ausschnitt eines Grundrisses zur Planung der Wasserversorgung (gesamtes Schema in Anhang D)

7.6.4 Wohnraumlüftung

Die Raumluftqualität ist ein entscheidender Faktor für das Wohlbefinden der Bewohner und zum Schutz der Bausubstanz. Im Wohnungsbau ist die unzureichende Lüftung aufgrund der immer dichteren Bauweise eines der größten Probleme. Durch hoch-wärmedämmte und hermetisch dichte Außenfenster reduziert sich der Infiltrationsluftwechsel auf ein Minimum. Die Folgen können häufig ein erhöhtes Risiko für Schimmel- und Milbenwachstum, zu hohe Feuchtigkeit und schlechte bzw. unhygienische Raumluft sein. Es ist also notwendig eine behagliche und hygienische Raumluftqualität im Gebäude durch eine effiziente Lüftung sicherzustellen.

Die entwickelte Lüftungsstrategie bedient sich dem Prinzip der bedarfsgeführten Wohnungslüftung. Wesentliche Komponenten dieser Hybridlüftung sind einerseits die zentrale Abluftanlage und andererseits die dezentralen Außenluftdurchlässe (ALD). Durch diese Komponenten wird die Luftverteilung innerhalb der Wohneinheiten optimiert und die Räume werden mit ausreichend Frischluft durchströmt. Die dezentralen Überströmöffnungen werden an jedem Außenfensterflügel angebracht und somit strömt die Luft über die Wohn- bzw. Schlafräume ein. Der Volumenstrom der ALD's wird an jedem Fenster durch einen mechanischen Sensor geregelt. In Abhängigkeit der Raumluftfeuchte ändert das Dehnelement den Öffnungsquerschnitt der Klappen und variiert somit den Volumenstrom. Dadurch erfolgt die Steuerung der feuchtegeführten Außenluftdurchlässe vollständig ohne Hilfsenergie. Durch diesen Prozess wird sichergestellt, dass je nach umgebenden Raumluftzustand die benötigte Frischluft eingebracht wird und der notwendige Luftvolumenstrom genau in den Räumen nachströmt, in denen auch der Bedarf vorhanden ist. Die Abluft wird über feuchtegeregelterte Abluftelemente in den Bädern, WC's und Küchen abgesaugt. Anschließend wird die verbrauchte Luft über die weitere Verrohrung in TGA-Zone 3 über die einzelnen Versorgungsschächte in TGA-Zone 2 zur zentralen, mechanischen Abluftanlage gefördert. Als wetterfeste Ausführung befindet sich das Lüftungsgerät am Dach des Gebäudes und sorgt für den permanenten Betrieb der Hybridlüftung. Zur Dimensionierung der Abluftanlage wird laut der Norm DIN 18017-3 "Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster" [7.12] ein planmäßiger Mindest-Abluftvolumenstrom für fensterlose Bäder von 40 m³/h herangezogen. Dies entspricht in Abhängigkeit der Größe der Nassräume einem Luftwechsel von ca. 3-4 1/h. In den Bädern treten die größten Feuchtelasten auf und stellen somit den wichtigsten Bereich der mechanischen Entlüftung dar. Bei den Toilettenräumen darf der genannte Mindest-Abluftvolumenstrom halbiert werden und beträgt somit 20 m³/h. In den Kochbereichen kommt eine mit Umluft funktionierende Dunstabzugshaube zum Einsatz. Bei der Umlufthaube wird die angesaugte Luft zuerst über den Fettfilter und danach über einen zusätzlichen Aktivkohlefilter, welcher je nach Kochgewohnheit ca. alle sechs Monate getauscht werden muss,

gereinigt. In Abbildung 135 ist die Dachansicht mit Abluftanlage und den Ergebnissen der Dimensionierung des Luftsammlernetzes sichtbar. In dem die dargestellte Zeichnung, die Variante "Gas" abbildet sind hierbei auch die Solarkollektoren eingezeichnet.

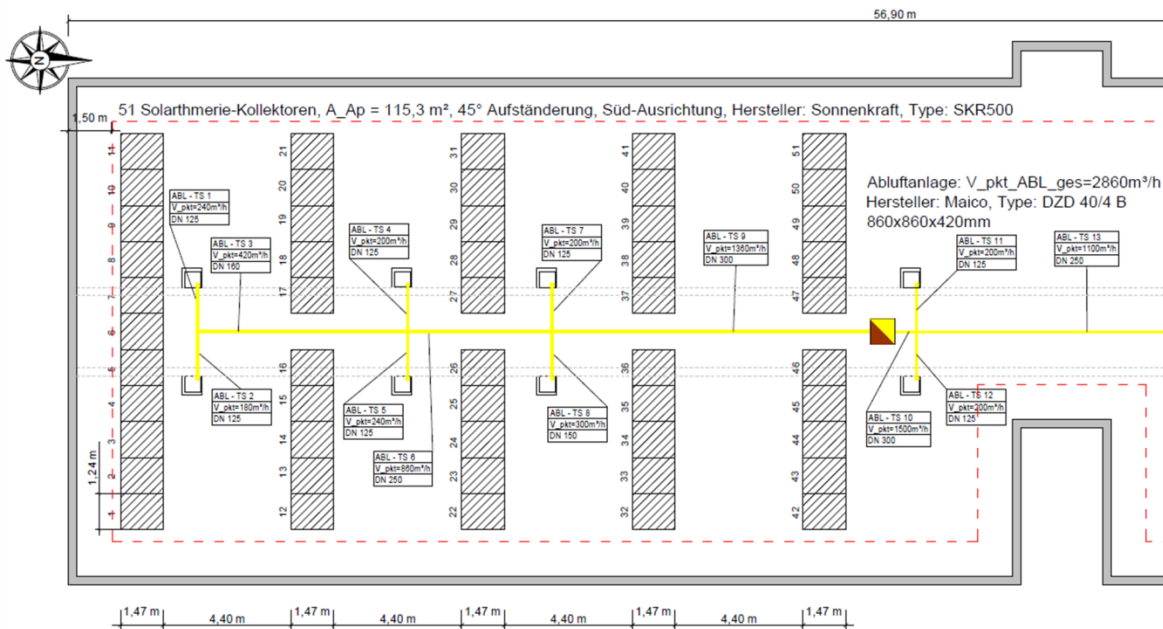


Abbildung 135 Ausschnitt Dachansicht mit Planung der Abluftanlage und Luftkanaldimensionierung (gesamte Zeichnung im Anhang D)

Das Luftsammlernetz erstreckt sich durchgehend vom Aufstellungsort der Lüftungsanlage am Dach des Gebäudes bis zu den feuchtegeregelten Abluftelementen im Erdgeschoß. Um die vertikale Luftkanalführung sicherzustellen sind in TGA-Zone 2 mehrere Installationsschächte, welche ohne Verzug durch alle fünf Geschosse führen, eingeplant. Diese sind geschößweise zentral bzw. in den Bädern angeordnet um kurze Wege der Luftleitungen zu erhalten, da diese einen wesentlichen Bestandteil der Anlagen hinsichtlich des Investitionsvolumens darstellen. Der Planungsgrundsatz für die Leitungsführung lautete aus energetischen und ökonomischen Gründen in jedem Fall, lange Leitungswege zu vermeiden. Die Konstruktion eines kurzen und einfach aufgebauten Rohrnetzes wurde angestrebt und aufgrund der strömungstechnischen Vorteile gegenüber Kanälen bevorzugt. An dieser Stelle sei auch nochmals angemerkt, dass bei den Varianten "Gas" und "Fernwärme" keine Wärmerückgewinnung in der Abluftanlage vorgesehen wird. Im Gegensatz dazu wird bei "PV-Strom" die Wärmequelle Abluft durch eine, in der Abluftanlage integrierte Wärmepumpe, für die Trinkwarmwasserbereitung genutzt. Durch den Einsatz dieser Lüftungstechnischen Anlage mit Wärmerückgewinnung kann der Heizwärmebedarf mittels Wärmepumpe, welche in Abbildung 136 dargestellt ist, vollständig und ganzjährig gedeckt werden.

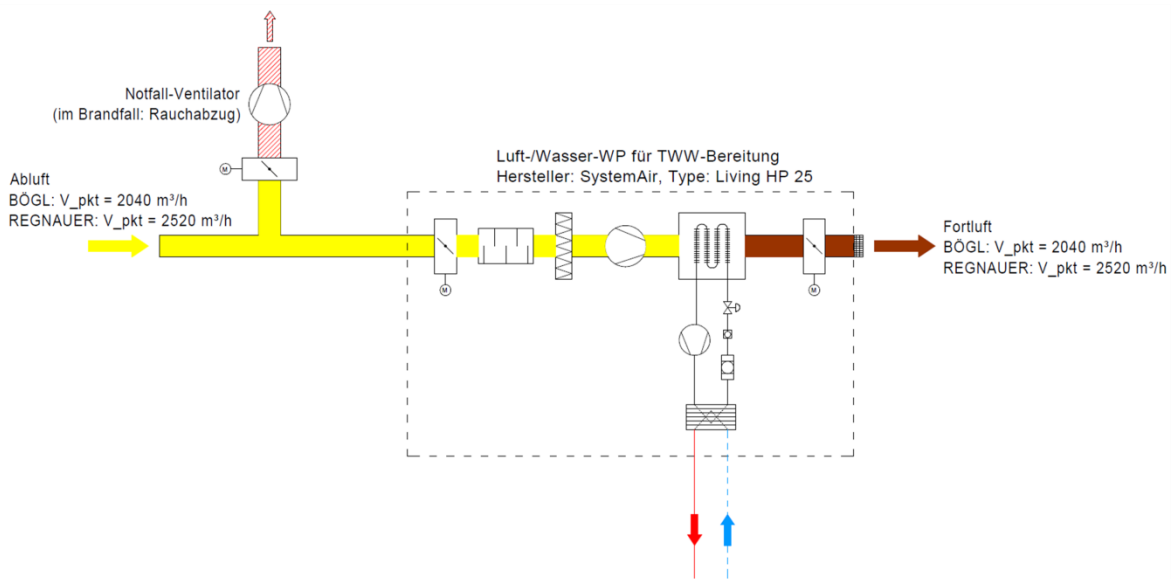


Abbildung 136 Ausschnitt Schemazeichnung Wärmepumpe zur TWW-Bereitstellung (gesamtes Schema in Anhang D)

Brandschutztechnische Beurteilung der mechanischen Abluftanlage

Für das Projekt wurde ein Lüftungssystem mit zentraler Abluft- und dezentraler Zuluftzufuhr festgelegt. Es handelt sich um eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit zentralem Abluftgerät mit Wärmerückgewinnung für das Brauchwasser auf dem Dach, die Zuluft wird über dezentrale Außenluftdurchlässe sichergestellt. Die Auswahl erfolgte unter dem Aspekt von Kosteneinsparung in Bezug auf die Herstellungs- und Instandhaltungskosten.

Da in dem Gebäude die Instandhaltung von Einzellüftungsgeräten sowie die wiederkehrenden Prüfungen, hierfür ist eine Zugänglichkeit innerhalb der Wohnung erforderlich, an Absperrvorrichtungen entsprechend DIN EN 15650 „Lüftung von Gebäuden - Brandschutzklappen“ [7.13] nicht sichergestellt werden kann, wurden Brandschutzklappen ohne die Anforderung an wiederkehrende Prüfungen gewählt. Für die kontrollierte Wohnraumlüftung wird das Konzept laut DIN 18017-3 „Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster“ zugrunde gelegt. Es kommen in den Geschossdecken Absperrvorrichtungen mit bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis (allgemein bauaufsichtliche Zulassung – abZ) zur Ausführung. Entgegen dieser abZ und entgegen der bauaufsichtlichen Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen werden diese Absperrvorrichtungen für Räume mit Fenstern (Abluft der gesamten Nutzungseinheit) eingesetzt. Ebenfalls erfolgt eine Verwendung des Systems mit Wärmerückgewinnung entgegen der Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) [7.14]. Das Forschungslabor für Haustechnik (eine durch das DIBt anerkannte Prüfstelle) des Lehrstuhls für Gebäudetechnologie und kli-

magerechtes Bauen der TUM hat ein Konzept für die kontrollierte Wohnraumlüftung unter Verwendung der Bauprodukte für Lüftungsanlagen nach DIN 18017-3 ausgearbeitet. Hierin wird eine gleichwertige Wirkung des Brandschutzes bestätigt und die Ausführung als gleichwertig wirksame Abweichung nach Art. 3 Abs. 3 BayBO bewertet. Das Konzept bewertet die Ausführung unter Berücksichtigung der durchgeführten Brandprüfungen entsprechend der Zulassungsrichtlinien für Lüftungsanlagen DIN 18017 Teil 3 für die bauaufsichtliche Zulassung der verwendeten Absperrvorrichtungen.

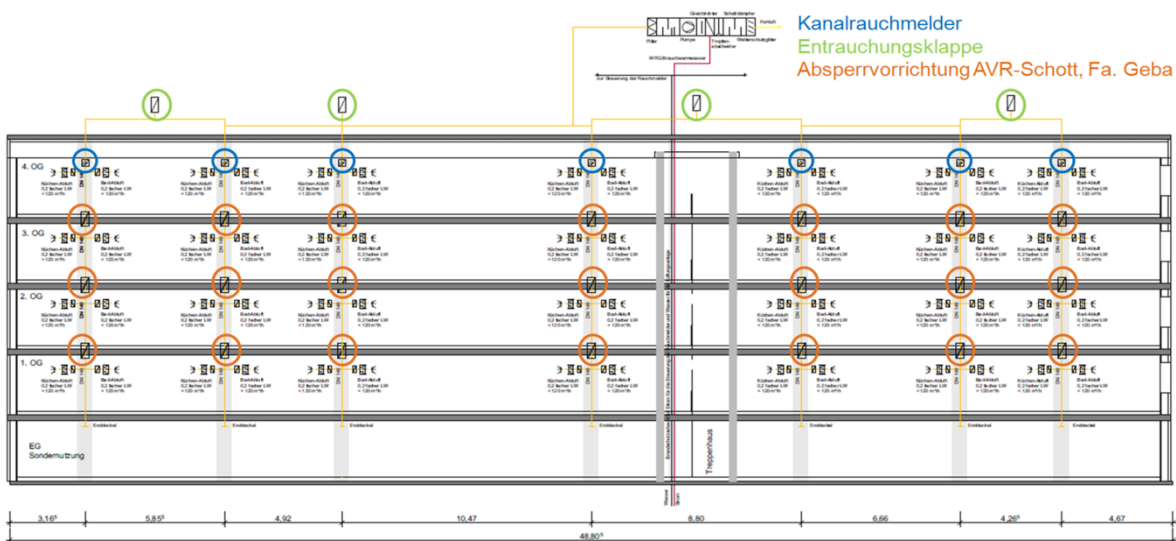


Abbildung 137 Lüftungsschema der kontrollierten Wohnraumlüftung mit Brandschutzkonzept

7.6.5 Planung der Technikzentralen

Technikflächen sind kostenrelevante Einflussgrößen und somit ist die Frage nach deren Investitions- bzw. Betriebskosten sowie dem notwendigen Platzbedarf von besonderem Interesse. Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich mit der Planung der TGA-Zone 1 für die drei verschiedenen Energieversorgungsvarianten. Darauf aufbauend wird im Kapitel 9.5 die Kostenkalkulation der wesentlichen TGA-Komponenten vorgenommen und dadurch sind diese Planungen als Schnittstelle zu anderen Arbeitspaketen zu verstehen. Zur Durchführung werden die Berechnungen, Auslegungen und Simulationen aus den vorangegangenen Kapitel zur Dimensionierung der TGA-Systemkomponenten zugrunde gelegt. Basis der Überlegungen sind die Hersteller- bzw. produktspezifische Auswahl der Komponenten und deren optimierte Anordnung zur Minimierung des erforderlichen Flächenbedarfs der Technikzentralen.

Die Erschließung von Gebäuden in der TGA-Zone 0 ist von den örtlichen Gegebenheiten und Randbedingungen abhängig und muss für jedes Bauobjekt eigenständig betrachtet werden. Hinsichtlich der TGA-Zone 1 ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass die Entwicklung eines Technikmoduls als

zentrale Übergabestelle nicht zielführend ist und Technikräume variabel geplant werden müssen. Die Begründung dafür liegt darin, dass standortbezogene Faktoren einen zu großen Einfluss auf die technischen und räumlichen Parameter haben.

TGA-Zone 1 Variante "Gas"

Bei dieser Energieversorgungsvariante wird aufgrund der solarthermischen Anlage ein großes Pufferspeichervolumen benötigt. Am Dach des Gebäudes wird für die TWW-Bereitstellung eine Kollektorfläche von 113 m² (Bausystem Raummodule) bzw. 117 m² (Bausystem Flächenelemente) positioniert. Daraus resultiert bei beiden Systemen ein Heizwasserspeichervolumen von 7900 Liter. Durch den limitierenden Faktor der lichten Raumhöhe werden in diesem Fall zwei gleich große Speicher verwendet: Typ Heizwasserpufferspeicher, Volumen=3950 Liter, Durchmesser=1,70 m, Höhe=2,67 m. Auf Basis der durchgeführten Heizlastberechnungen einerseits nach Norm ("Regel-fall") und andererseits durch die simulationsgestützte Berechnung ("Suffizienz") wird der Gas-Brennwertkessel zur Wärmeerzeugung für die Raumwärmeversorgung ausgewählt: Nenn-Wärmeleistungsbereich bei 60/40°C=11,7-58,5 kW, Abmessungen L 684 x B 660 x H 1562 mm. Für die Solarthermie notwendige Solarstation zur Regelung der Anlage wird über der Therme platziert. Die Heizungsverteilung für Vor- und Rücklauf befindet sich neben der Brennwerttherme und wird im Erdgeschoß horizontal bis zu den einzelnen Versorgungsschächten verrohrt. Daneben wird der Wasseranschluss, welcher Zähler, Filter, Absperrarmaturen, etc. beinhaltet, mit der Kaltwasserverteilung aufgebaut und parallel mit den Heizungsleitungen verrohrt. Die Abmessungen für den Technikraum der Variante "Gas" sind in Abbildung 138 ersichtlich und betragen 5,00 m x 3,50 m bzw. ergeben somit einen Flächenbedarf von 17,5 m². Als Anmerkung sei an dieser Stelle erwähnt, dass sich bei "Suffizienz" der Platzbedarf nicht verkleinert. Bei der Gas-Brennwerttherme mit geringerer Heizleistung wird lediglich der Brenner im Innenraum der Therme kleiner und nicht das Gehäuse. Das Pufferspeichervolumen bleibt wie beschrieben aufgrund der nahezu gleichbleibenden Kollektoranzahl identisch.

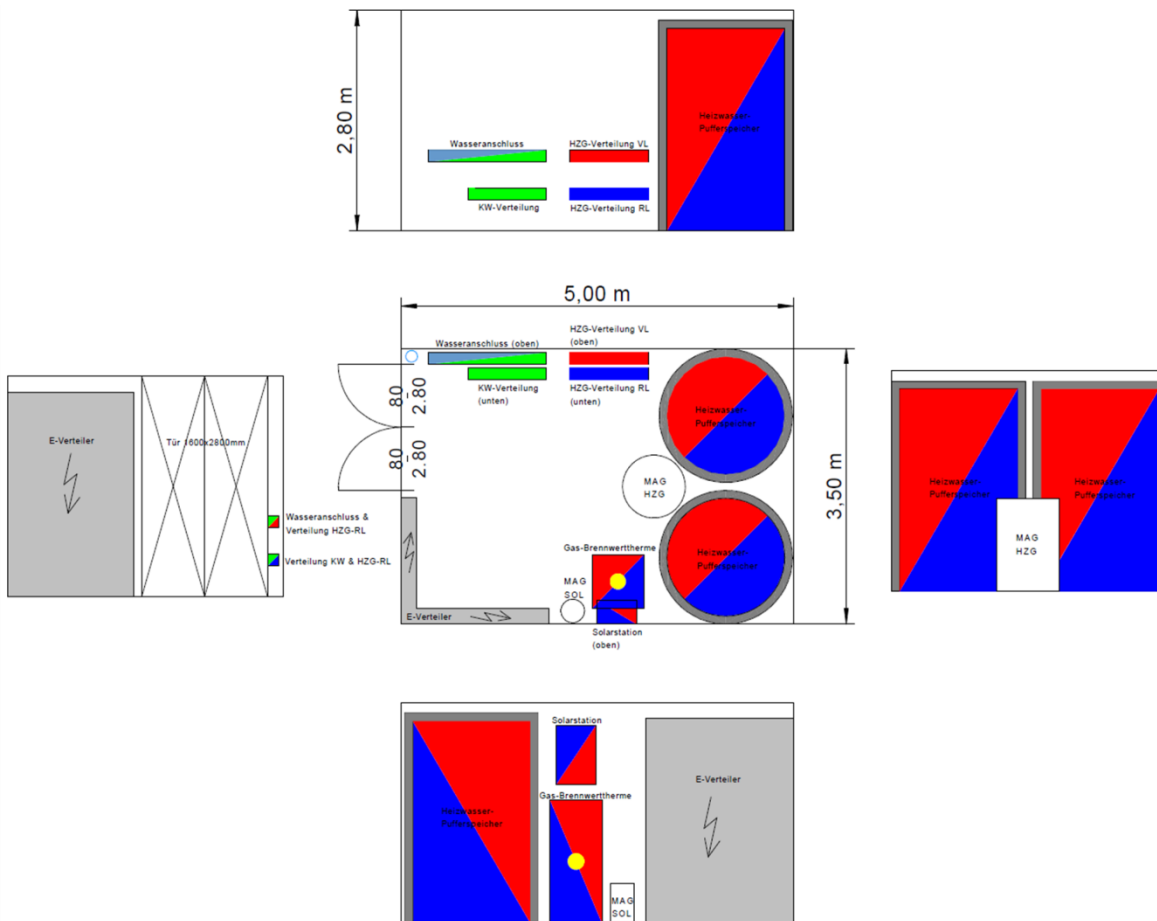


Abbildung 138 Zusammenstellung der TGA-Komponenten für die Variante "Gas"

TGA-Zone 1 Variante "Fernwärme"

Im Gegensatz zu der Variante "Gas" kann durch die dauerhafte Wärmebereitstellung der Fernwärme auf Heizwasser-Pufferspeicher verzichtet werden. Dies wirkt sich insbesondere positiv auf die Reduktion des Flächenbedarfs der Technikzentrale aus, welche hierbei die Abmessungen 3,00 m x 1,50 m aufweist und somit 4,50 m² beträgt. Im Gegensatz zu den beiden Varianten mit Speicher, kann die lichte Raumhöhe auf 2,60 m reduziert werden. Für die Fernwärme-Übergabestation beim "Regelfall" sind folgende Kenndaten anzuführen: Leistungsbereich bis max. 80 kW, Abmessungen B 620 x H 900 x T 350 mm. Die Ausführung der FW-Station für "Suffizienz" B 470 x H 680 x T 295 mm verkleinert sich nur geringfügig und hat somit keine Flächeneinsparung der Technikzentrale zur Folge.

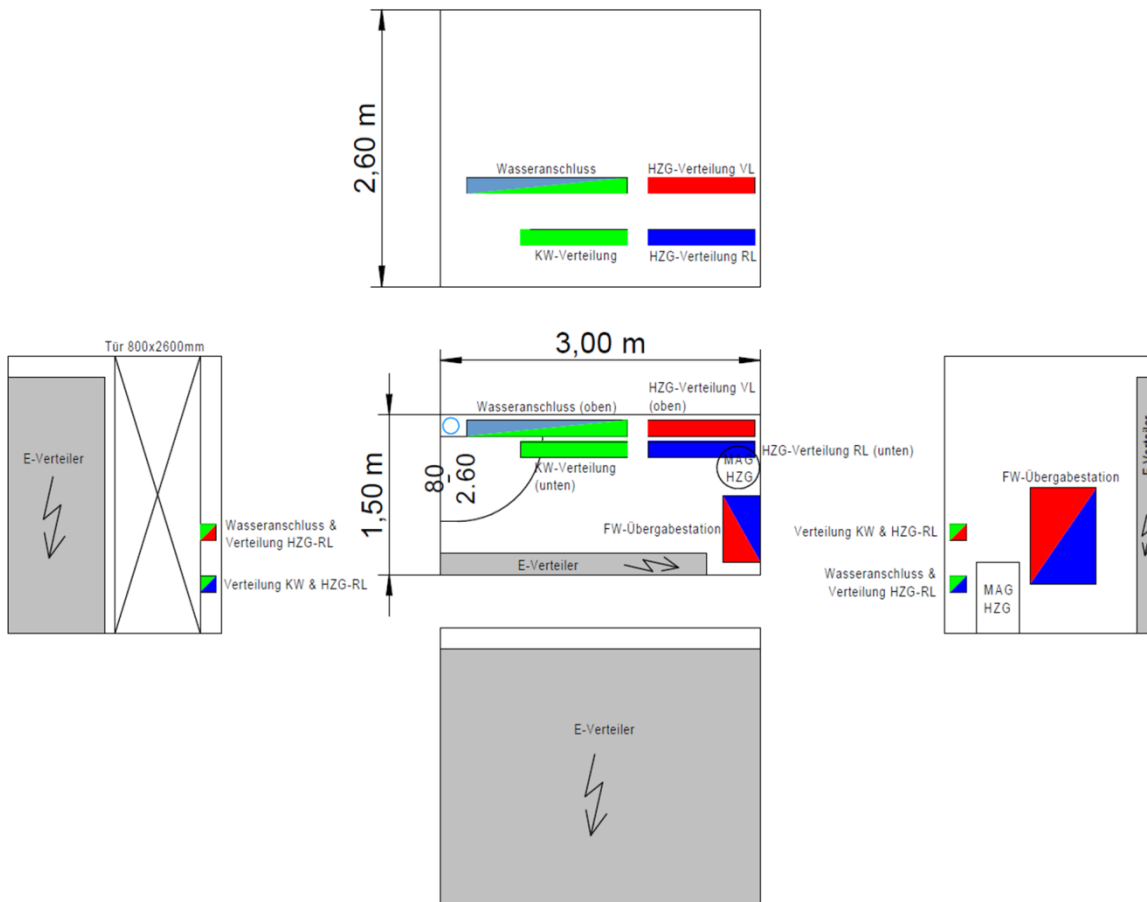


Abbildung 139 Zusammenstellung der TGA-Komponenten für die Variante "Fernwärme"

TGA-Zone 1 Variante "PV-Strom"

Bei dieser Variante befinden sich die Wärme- bzw. Leistungserzeuger durch die Abluftwärmepumpe und die PV-Anlage auf dem Dach des Gebäudes. In Kombination mit der PV befindet sich lediglich der Wechselrichter als Komponente hinsichtlich der Wärmeerzeugung im Technikraum. Hierfür wird ein Wechselrichter mit den Abmessungen B 570 x H 740 x T 300 mm gewählt.

Für die Wärmebereitstellung zur TWW-Bereitung auf Basis der Wärmepumpe sind in Abhängigkeit des TWW-Bedarfs der Nutzer zwei Heizwasserspeicher geplant: Volumen=2700 Liter, Durchmesser=1,45 m, Höhe=2,56 m.

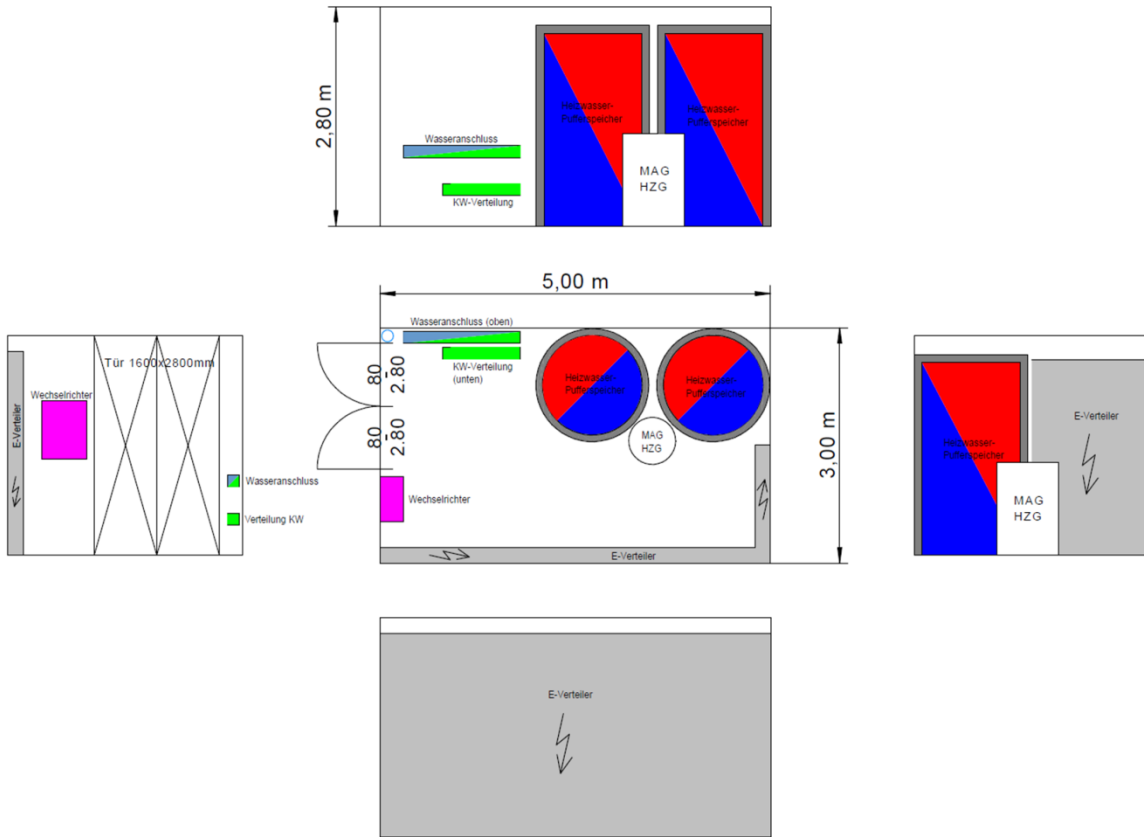


Abbildung 140 Zusammenstellung der TGA-Komponenten für die Variante "PV-Strom"

7.7 Entwicklung eines Technischschachts zur Energieverteilung

7.7.1 Seriell und industriell vorgefertigter Versorgungsschacht

Eine kostenreduzierte und Planungsprozess-optimierte Bauweise erfordert für die TGA-Zone 2 einen industriell vorgefertigten Versorgungsschacht, der universell in allen möglichen Wohnungsgrundrissen flexibel einsetzbar ist. Der im Rahmen dieses Forschungsprojektes entwickelte Technischschacht kann vom Erdgeschoss bis zum Dachgeschoss ohne Verzug integriert werden und ist als Element des modularen Bauens für Gebäude mit bis zu fünf Geschossen zu verstehen.

Bei den hier behandelten, projektspezifischen Grundrissen ergeben sich in Abhängigkeit der beiden Systemvarianten anwendungsorientierte Möglichkeiten für Positionierung bzw. Lage und Geometrie bzw. Form des Schachtes.

Die unten stehende Abbildung 141 beschreibt das Bausystem Flächenelemente. Hierbei ergibt sich durch die Integration des Schachts in der Küchenzeile ein maximaler Querschnitt von einer Tiefe und Breite mit je 60 cm, entsprechend einer Küchenzeilentiefe bzw. Küchenmodulbreite.

Wird wie im Bausystem Raummodule der Versorgungsschacht hinter den Badwänden platziert, soll dieser eine möglichst geringe Tiefe aufweisen um die Raumgeometrie möglichst wenig zu beeinflussen. Für diese Einbaumöglichkeiten stehen zwei Schachtquerschnitte zur Verfügung, welche auf die Planungskriterien von minimalen Rohrabständen unter Berücksichtigung des Brandschutzes und der Vermeidung von Leitungskreuzungen optimiert sind.

Abbildung 142 zeigt den 3 D konstruierten Versorgungsschacht mit allen benötigten Versorgungsleitungen wie Abwasser, Heizungsvor- und Rücklauf, TWW- und KW-Leitung, Zirkulationsleitung, Lüftungskanal und Strombündel. Die Abbildung 142 erklärt die schematische Anordnung der Leitungen im Schacht, wobei sich die Rohrdurchmesser inklusive der Dämmungen verstehen. Die Dämmung von warmen Rohrleitungen ist erforderlich, um die Wärmeverluste zu minimieren, vor Korrosion und Kondensat-Bildung zu schützen und Fließ- oder Knackgeräusche zu verhindern

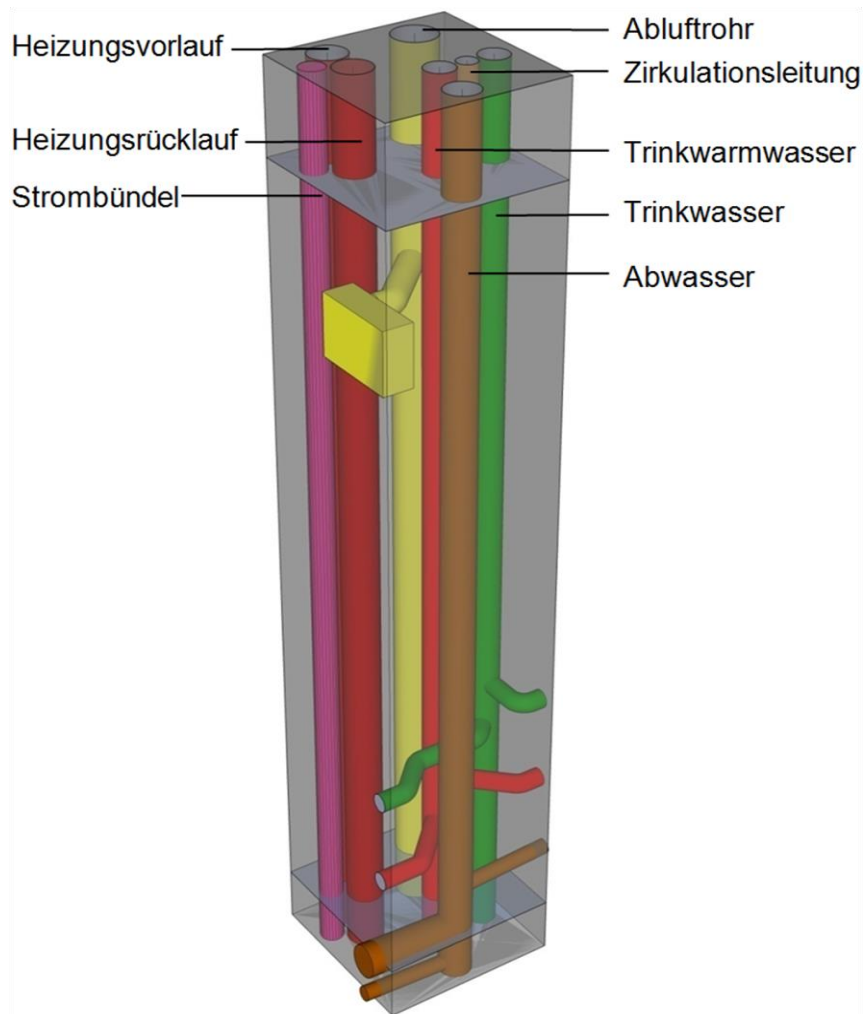


Abbildung 141 3 D-Darstellung des Schachts für die Integration in die Küchenzeile (Bausystem Flächenelemente)

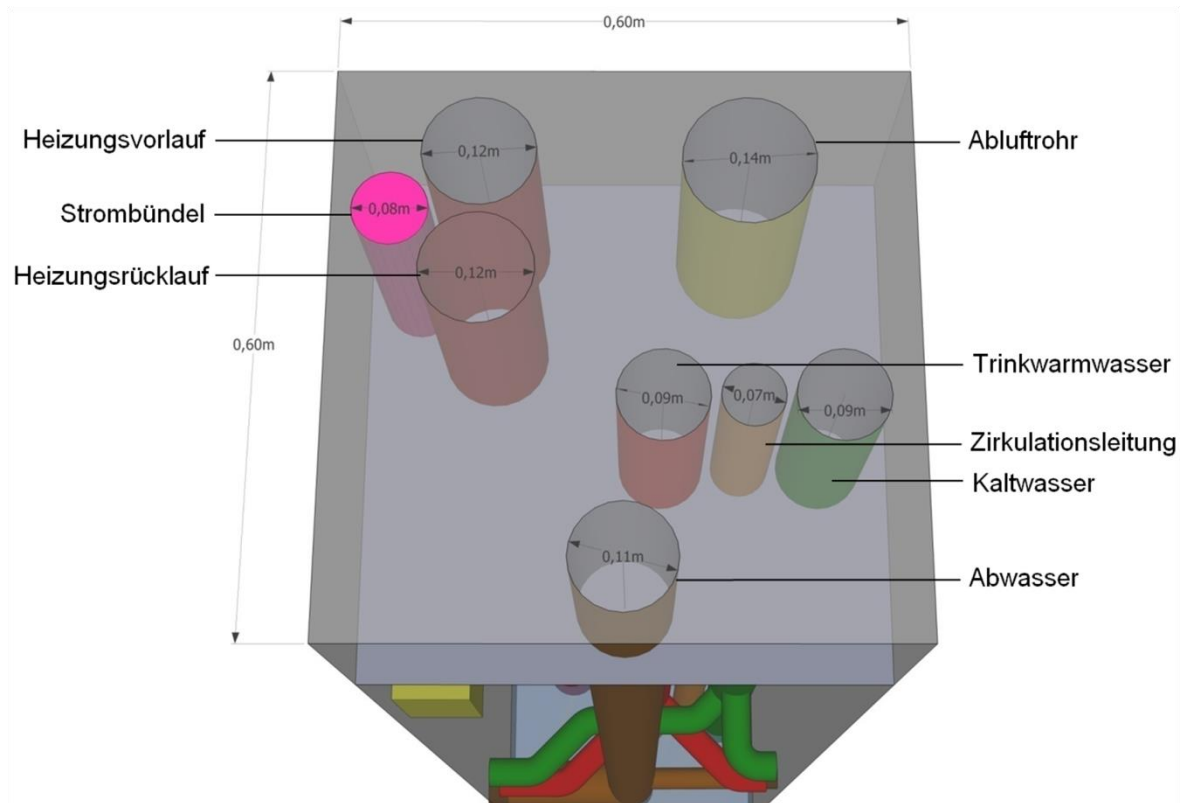


Abbildung 142 Maße des Schachts für die Integration in die Küchenzeile (Bausystem Flächenelemente)

Die beschriebenen Versorgungsschächte beider Systemvarianten werden seriell vorgefertigt und auf der Baustelle stockwerksweise ohne Verzug mit Muffen zusammengefügt. Durch das entwickelte Brandschutzkonzept entfällt die halbjährliche Wartung der Brandschutzklappen in den Lüftungsrohren. Die damit verbundene gesetzliche Zugangspflicht zum Schacht kann dadurch umgangen werden. Dieser Aspekt wirkt sich somit aus kostentechnischer Sicht positiv auf die laufenden Kosten während der Betriebsphase des Gebäudes aus.

Brandschutz und Leitungsführung des Versorgungsschachts

Unter dem Aspekt der Minimierung der Größe der Versorgungsschächte ist die genaue Planung der Leitungsführung unabdingbar. Brandschutztechnisch wird die Schottung der Leitungen in der Geschossdecke des Gebäudes festgelegt, wodurch Brandschottungen in der Schachtausfädelung innerhalb der Wohnungen entfallen. Die Abstände der einzelnen Leitungen zueinander, auch zu dem Lüftungssystem, ergeben sich aus den unterschiedlichen Verwendbarkeitsnachweisen, wie z. B. der allgemein bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) oder dem allgemein bauaufsichtlichen Prüfzeugnis (abP). Die als technische Baubestimmung eingeführte Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (LAR) findet keine Anwendung, da diese keine Nullabstände zulässt.

Somit sind Bauprodukte und Bauarten festzulegen, bei denen die Verlegung mit Nullabstand zulässig ist. Bei den Untersuchungen wurde insbesondere berücksichtigt, dass auch ein Minimalabstand zu den Absperrvorrichtungen des Lüftungssystems möglich ist.

Mit den im Rahmen dieses Forschungsprojekts gewählten Manschetten können die Rohrabstände brandschutztechnisch auf 0 cm gesenkt werden. Der Abstand der Rohrleitungen reduziert sich auf die Konstruktion der Rohraufhängungen. In der abZ der Manschette ist der Abstand in Anlage 38-40 mit 0 cm zum Deckenschott sowie zu Rohren wie Abbildung 143 zeigt, geregelt.

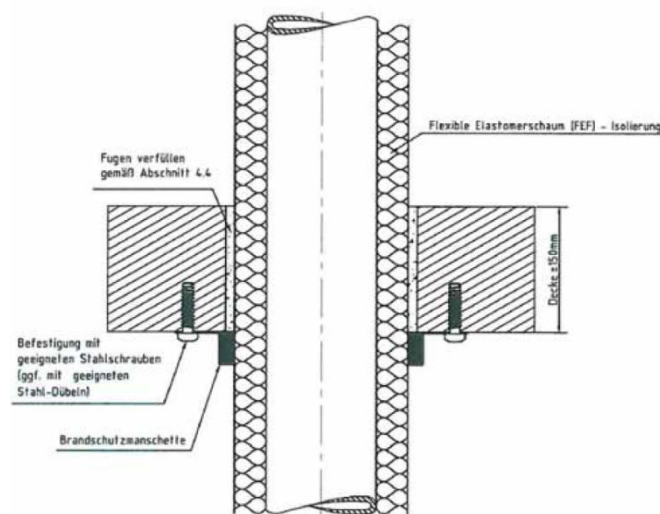


Abbildung 143 Abschottung für Rohrleitungen aus brennbaren Materialien

7.8 Rückkopplungen der Gebäudetechnik für den Systembaukasten

Die vorangegangenen Kapitel zur technischen Gebäudeausrüstung und Energieplanung für den mehrgeschossigen, sozialen Wohnungsbau dokumentieren die konkreten Wege einer TGA-Planung für die zu Beginn formulierten Ziele und Anforderungen. Durch die angestrebte Zusammenfassung von Komponenten in Form von TGA-Zonen ergibt sich der prinzipielle Aufbau der TGA im Systembaukasten und damit eine deutliche Vereinfachung bzw. Überschaubarkeit der Gebäudetechnik. Basis der Überlegungen ist die durchgeführten Planungen nicht nur in Bezug zum sozialen Wohnungsbau zu betrachten, sondern auch Rückkopplungen der TGA zum industriellen Bauen herzustellen. Zu diesem Zweck werden die in Kapitel 7.1 definierten TGA-Zonen nochmals aufgegriffen und im Kontext des seriellen Bauens näher erläutert:

- TGA-Zone 0: Erschließung des Gebäudes
- TGA-Zone 1: Technikraum im Gebäude
- TGA-Zone 2: Horizontale und vertikale Verteilung außerhalb der Wohnungen
- TGA-Zone 3: Verteilung innerhalb der Wohnung
- TGA-Zone 4: Gebäudeintegrierte Energieerzeugung

Dieser Schritt soll die wesentlichen Erkenntnisse und Planungsaspekte der in diesem Kapitel 7 “Technische Gebäudeausrüstung und Energieplanung für den mehrgeschossigen sozialen Wohnungsbau“ zusammenfassen. Dadurch wird eine von den Referenzgebäuden losgelöste, gesamtheitliche Betrachtung ermöglicht. Die Wechselwirkungen zwischen den durchgeführten Planungen und allgemeingültigen Schlussfolgerungen für das angestrebte TGA-Konzept für den Systembaukasten des industrialisierten, sozialen Wohnungsbaus können wie folgt beschrieben werden.

TGA-Zone 0 beschreibt die Erschließung des Gebäudes und umfasst die Gesamtheit von baulichen Maßnahmen bzw. rechtlichen Regelungen zur Herstellung der Nutzungsmöglichkeiten von Grundstücken. Die baulichen Maßnahmen der Erschließungsanlagen gliedern sich einerseits in den Anschluss an das öffentliche Straßen- und Wegenetz und andererseits an das Ver- und Entsorgungsnetz. Zur technischen Erschließung zählen z. B. Gasanschluss, Fernwärmeleitungen, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung, Stromnetz, etc. Die Form und Auswahl der TGA-Zone 0 ist von den lokalen, vorherrschenden Standortfaktoren sowie örtlichen Gegebenheiten bzw. Randbedingungen abhängig. Aus diesem Grund muss die Energieversorgung für jedes Bauobjekt in Abhängigkeit des verfügbaren Ver- und Entsorgungsnetz am Standort eigenständig betrachtet und geplant werden.

Unter TGA-Zone 1 wird der Technikraum im Gebäude verstanden und beinhaltet haustechnische Systeme, welche das Gebäude mit Wärme, Luft, Wasser, Strom versorgen. Technikflächen sind kostenrelevante Einflussgrößen und die Frage nach dem notwendigen Platzbedarf ist von besonderem Interesse. Der Bedarf an Technikflächen ist weniger von der Nutzung des Gebäudes als vielmehr von der Art und dem Umfang der zu installierenden technischen Anlagen abhängig. Die flächenbestimmenden Größen sind meist Heizleistung, Kühlleistung, elektrische Anschlussleistung und die Luftvolumenströme. Der große Gestaltungsspielraum an Gebäuden und deren zahlreiche Einflussgrößen lassen es nicht zu, alle Facetten der technischen Gebäudeausrüstung in einem allgemein gültigen Technikraum zusammenzufassen bzw. darzustellen. Hinsichtlich der TGA-Zone 1 lässt sich somit an dieser Stelle festhalten, dass Technikräume variabel geplant werden müssen und die Entwicklung eines Technikmoduls als zentrale Übergabestelle nicht zielführend ist. Außerdem muss die Planung der TGA-Zone 1 in Wechselwirkung mit TGA-Zone 0 erfolgen, um die standortbezogenen Faktoren, welche einen großen Einfluss auf die technischen und räumlichen Parameter haben, zu berücksichtigen.

Die horizontale und vertikale Energieversorgung außerhalb der Wohneinheiten erfolgt in TGA-Zone 2 und kann durch industrialisiertes Bauen realisiert werden. Zu diesem Zweck kommen in der TGA-Zone 2 industriell vorgefertigte Technikschränke zum Einsatz, welche universell in allen möglichen Wohnungsgrundrissen flexibel anwendbar sind. Durch Standardisierung dieser Komponenten wird eine hohe Flexibilität in ihrer Zusammensetzung und Anpassungsfähigkeit erreicht. Indem der entwickelte Versorgungsschacht die Integration in einer Haushaltsküche bzw. Küchenzeile oder im Badezimmer ermöglicht, kann der Einbau ohne Verzug gewährleistet werden und es ergibt sich der Vorteil der Platzersparnis sowie der einfachen Zugänglichkeit.

Als TGA-Zone 3 wird die Verteilung innerhalb der Wohneinheiten definiert. Diese Zone hat die Aufgabe, die über die Rohre zugeleiteten Medien zu den Verbrauchern im Raum zu verteilen. Außerdem sind hierbei die zugehörigen Einrichtungsgegenstände wie z. B. Versorgungspanel, Wärmeabgabesysteme, Sanitärgegenstände, dezentrales Frischwassermodul, etc. abgebildet. Diese Komponenten sind im Sinne des industriellen Bauens ausgewählt worden und eine detaillierte Planung der einzelnen Räume bzw. Wohneinheiten kann somit umgangen werden. Beispielsweise wird für die Raumwärmeversorgung ein adäquater Heizkörper für alle Räume im Gebäude verwendet und die Bereitstellung von TWW erfolgt je Wohneinheit mittels dezentralen Frischwassermoduls gleicher Dimension. Des Weiteren wurde nachgewiesen, dass eine vereinfachte Lüftungsplanung grundrissabhängig erfolgen muss. Gefangene Bäder bestimmen maßgeblich den Lüftungsbedarf, sollten diese jedoch nicht in den Grundrissen vorgehsehen sein, ist ein mechanisch erzeugter 0,2-facher Luftwechsel durch Lüftungstechnische Maßnahmen zu gewährleisten.

In der TGA-Zone 4 findet die gebäudeintegrierte Energieerzeugung Anwendung. Durch den Einbau von Solarkollektoren und/oder PV-Modulen können Dächer bzw. Fassaden zum Wärmeerzeuger und/oder Stromgenerator avancieren. Daher stellt die Solarthermie und Photovoltaik einen zentralen Baustein für eine künftige, dezentrale Energieversorgung von Gebäuden dar. Beim Einbau von Kollektoren und PV-Modulen sind jedoch energietechnische Besonderheiten, baukonstruktive und auch strukturelle sowie visuelle Unterschiede im Erscheinungsbild zu berücksichtigen. Die Integration solartechnischer Systeme bedeutet das schlüssige Einfügen von Bauteilen in eine Dach- oder Außenwandkonstruktion. Dabei hat dieses Element als Teil der Gebäudehülle funktionale und konstruktive Aufgaben zu übernehmen. Bei der gestalterischen Einbindung und baulichen Integration muss deshalb gewährleistet sein, dass die Installation auf oder in der Außenhaut nicht im Widerspruch zu den Anforderungen und Eigenschaften der Gebäudehülle steht, sondern diese optimal ergänzt und unterstützt. Auch das Erscheinungsbild – Form, Neigung und Material – ist stark von regionalen Gegebenheiten bestimmt und prägt nachhaltig die Gestalt von Gebäuden. Aus den genannten Gründen muss die TGA-Zone 4 für jedes Bauobjekt detailliert geplant werden. Außerdem müssen hierbei energetische Kriterien in Form von EnEV-Berechnungen und die Einhaltung des EEWärmeG berücksichtigt werden. Des Weiteren findet die Energieerzeugung am Gebäude meist am Dach statt und somit ist die Veränderung der Gebäudegeometrie und in weiterer Folge Nutzeranzahl einzeln zu prüfen und für die Planung von Solarkollektoren und PV-Modulen zu berücksichtigen.

8 Prozessoptimierung und Digitalisierung Systembaukasten

Thomas Kirmayr, Rafael Gramm, Aude Bougain, Katja Breitenfelder

8.1 Einleitung - Ermittlung und Identifikation von Randbedingungen – Fragestellung/Problemstellung

Die Digitalisierung stellt für das Bauwesen eine fundamentale Veränderung der Arbeits- und Ablaufprozesse dar. Mit Building Information Modeling (BIM) hat die Digitalisierung im Bausektor Einzug gehalten und verändert nachhaltig das Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden.

Im Rahmen des Projektes Bauen mit Weitblick werden die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung digitaler Werkzeuge und Prozesse untersucht. Wo möglich, werden kostenrelevante Potentiale identifiziert, welche in später folgenden Kostenkalkulationen (siehe Kapitel 9) berücksichtigt werden sollen.

Die Keimzelle des Building Information Modeling ist ein 3D-Plan, der sich von der bisherigen Planung dadurch differenziert, dass nicht mehr in 2D geplant und dann in 3D Ansichten erzeugt werden, sondern umgekehrt alle Bauteile in ihrer dreidimensionalen Geometrie geplant und aus dem entstehenden 3D-Modell zweidimensionale Schnitte erzeugt werden. Einzelne Bauteile können mit zusätzlichen Informationen (Attributen) besetzt werden, z. B. zu Material, Gewicht, Qualitäten, Bauphysik, oder aber auch der Zeit- und Kostendimension.

Aus dem Blickwinkel des Projektes betrachtet, birgt BIM die Möglichkeit, frühe und valide Aussagen zu Baukosten und Bauzeiten zu ermöglichen. Man spricht dabei von einem 5D-BIM-Modell, da dem 3D-Modell die beiden Dimensionen Zeit und Kosten anhängen.

Weiter, kann die Anwendung von BIM dazu führen, dass durch eine intensivere Planung in frühen Planungsphasen Fehlerkosten und Prozessineffizienzen vermieden werden. Den Kosteneinfluss einer verzögerten Planungsleistung wurde bereits 2004 von Patrick MacLeamy thematisiert (vgl. Abbildung 144) und mit den Möglichkeiten einer BIM-Planung verknüpft (hier, Integrated Project Delivery – IPD).

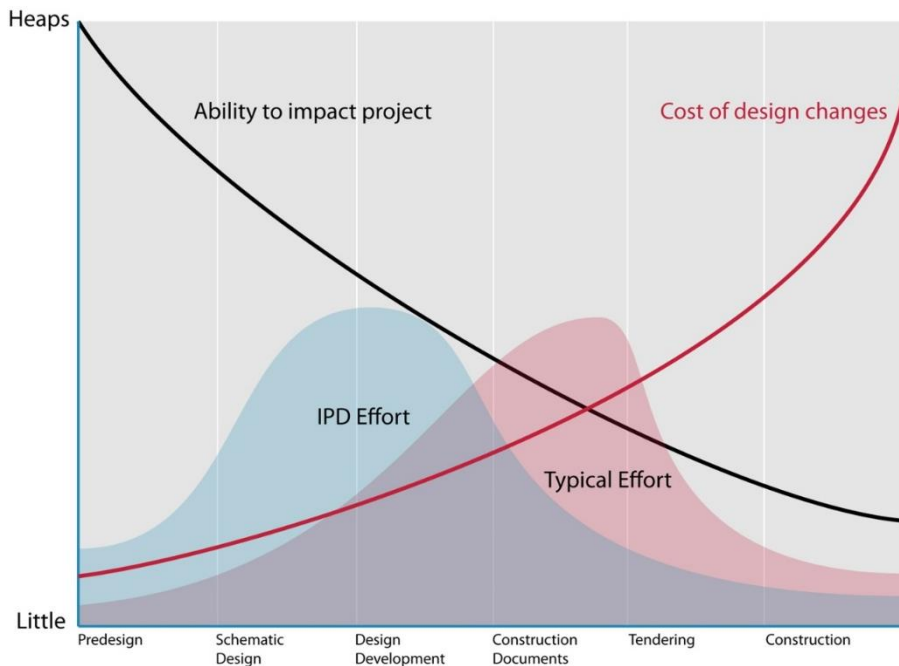


Abbildung 144 MacLeamy Kurve (2004)

Instrumente wie Model-Checker oder neue Visualisierungstechniken ermöglichen eine frühzeitige Identifikation von Bauteil-Konflikten und Planungsfehlern, welche sonst meist sehr kostenintensiv auf der Baustelle gelöst werden müssen.

Eine präzise Abbildung einer Kostenreduktion durch BIM ist aufgrund fehlender Praxisprojekte nur schwer möglich. Jedoch zeigen Studien von MacGraw-Hill inzwischen deutliche Potentiale einer wertschöpfenden Anwendung von BIM, welche als kostensenkend gewertet werden können (vgl. Abbildung 145).

Percentage of Contractors Citing BIM Benefit as One of Top Three for Their Organization

Source: McGraw Hill Construction, 2013

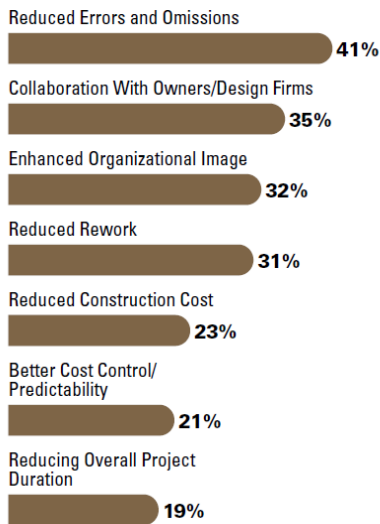


Abbildung 145 Verbesserungspotentiale durch BIM [MacGrawHill-Construction Report, 2013]

Es wird außerdem erkennbar, dass Deutschland inzwischen in der Lage ist, wertschöpfende Anwendungen digitaler Werkzeuge und Methoden zu etablieren und sich im internationalen Vergleich immer besser zu behaupten (vgl. Abbildung 146).

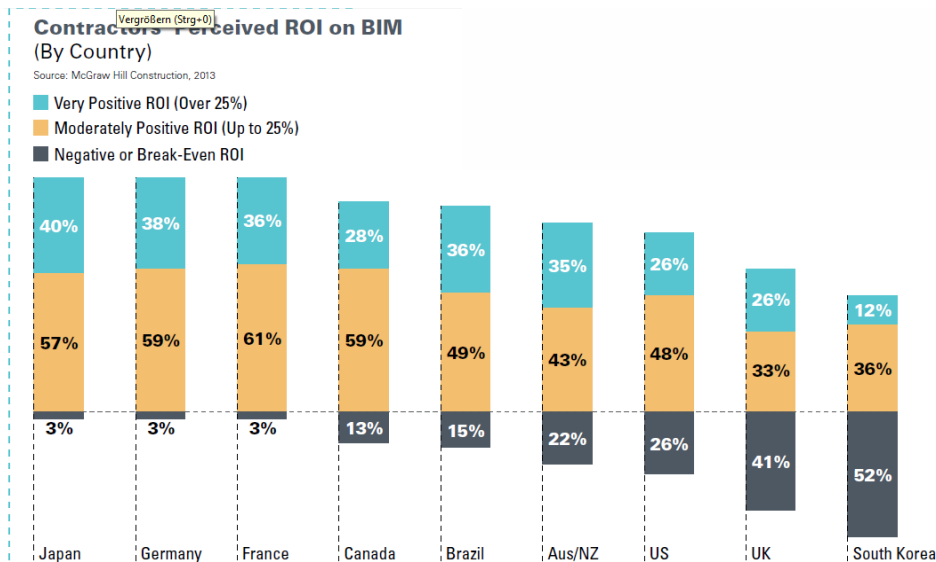


Abbildung 146 Eingeschätzter Return on Investment durch BIM [MacGrawHill-Construction Report, 2013]

Ein weiteres wichtiges Anwendungsfeld von BIM bildet die digitale Nachweisführung über Simulations- und Berechnungsprogramme, die in der Lage sind, BIM-Modelle zu lesen sehr schnell wichtige Kennwerte, und damit wichtige Entscheidungsgrundlagen, zum geplanten Gebäude bereitzustellen.

Im idealisierten Prozess könnten diese die notwendigen Informationen direkt aus dem BIM-Modell ziehen und somit annähernd in Echtzeit die notwendigen Ergebnisse einer Energiebilanz, dem akustischen und hygrothermischen Verhalten oder auch der Nachhaltigkeit und Umweltwirkung liefern.

Digitale Werkzeuge und Berechnungsprogramme funktionieren bereits unabhängig von BIM, könnten aber durch eine geschlossene Datenprozesskette noch deutlich an Wertschöpfungspotential gewinnen. Es wird daran intensiv geforscht, jedoch scheitert es aktuell noch an den fehlenden Datenstandards. Internationale Standards wie IFC (Industry Foundation Classes) versuchen offene und von allen lesbaren Lösungen zu liefern, aber bislang noch nicht alle für wichtige bauphysikalische Kennwertermittlungen notwendigen Informationen.

Durch aktuelle Forschungsvorhaben werden die genannten Entwicklungslücken jedoch nach und nach geschlossen. Das Projekt EnEff-BIM zum Beispiel untersucht bereits eine erste Lösung zur Verknüpfung eines 3D-BIM-Modells mit einem energetischen Simulationsmodell [EnEff-BIM] zur Planungs- und Betriebsoptimierung.

Zur Kommunikation aktueller Planungsstände können 3D-Visualisierungstechniken wie Virtual Reality (VR) vorhandene BIM-Pläne erfahrbar darstellen. Die Kommunikation der Bau-Beteiligten kann dadurch deutlich verbessert werden und die Entscheidungsqualität steigt. Mögliche Konflikte und Fehler werden frühzeitig erkannt, diskutiert und gelöst. Model-Checker können auf der Grundlage von IFC-Modellen regelbasiert Pläne prüfen und vergleichen. In sogenannten „BIM-Koordinationsmodellen“ werden heute unterschiedliche Pläne aus verschiedenen Fachdisziplinen (z.B. Architektur, Tragwerk und TGA) zusammengeführt und mögliche Fehler schnell und automatisiert erkannt. Standardisierte Kommunikationsformate wie BCF (BIM Collaboration Format) erleichtern und beschleunigen die Kommunikation zwischen den Bau-Beteiligten.

In der weiteren Untersuchung werden spezifische, digitale Anwendungen für den kosteneffizienten Wohnungsbau untersucht.

Beide Praxispartner haben im Projekt bereits erste Schritte in Richtung einer 3D-BIM Planung unternommen. Das Unternehmen Max Bögl arbeitet verstärkt mit dem Planungswerkzeug Autodesk Revit, in der weiteren Ausprägung sogar mit den Bauteilen zugeordneten Kosten und Ausführungszeiten im Sinne eines 5D-BIM. Die Partner Regnauer hat während des Projektes ebenfalls auf ein BIM-fähiges Planungswerkzeug namens Bauset umgestellt und verknüpft dieses mit der bestehenden Werkplanungssoftware für eine vollständig digitale Prozesskette des ersten architektonischen

Plans bis zur Realisierung auf der Fertigungsmaschine. Somit war für eine Untersuchung kostenwirksamer Anwendungen digitaler Werkzeuge und Methoden eine gute Grundlage vorhanden.

Für das Projektziel einer möglichst kosteneffizienten Herstellung mehrgeschossiger Wohngebäude lag der Fokus jedoch nicht auf der Einführung und Anwendung von BIM-Werkzeugen an sich, sondern auf möglichen Kostensenkungspotentialen, welche sich vor allem in den Prozesskosten niederschlagen.

Hierzu wurde zunächst ein idealisiertes Schaubild einer systemischen und prozessoptimierten Bausystementwicklung erstellt, um zu erkennen, an welchen Stellen die Digitalisierung Bauprozesse nachhaltig beschleunigen und verschlanken kann. Auf der Grundlage positiv identifizierter Wirkpotentiale wurden im zweiten Schritt beispielhafte Anwendungen in den Systemlösungen der Praxispartner untersucht und anhand präziser Prozessanalysen die möglichen Einsparpotentiale abgeschätzt.

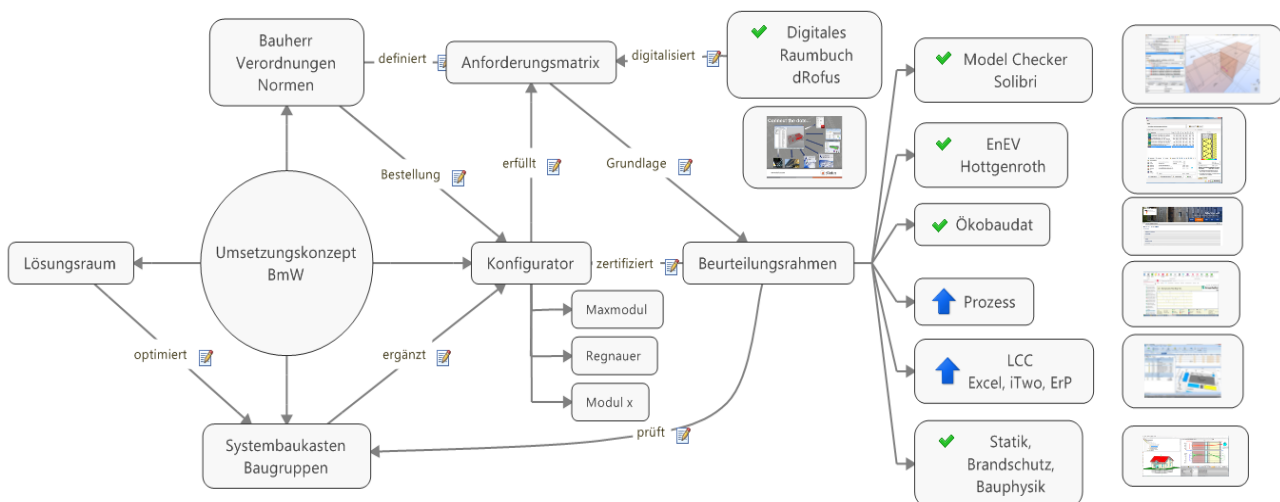


Abbildung 147 Basiskonzept der Entwicklung eines Systembaukastens unter Einbeziehung digitaler Werkzeuge und Methoden

Aus der Systemanalyse konnten grundsätzlich drei wertschöpfende Anwendungen digitaler Werkzeuge und Methoden zur Entwicklung eines Systembaukastens identifiziert werden. Der in Abbildung 147 dargestellte idealisierte Prozess lässt sich wie folgt beschreiben:

Ein Bauherr formuliert einen Anforderungskatalog, der ähnlich einer detaillierten Baubeschreibung alle im Gebäude umzusetzenden Anforderungen ausweist. Dieser bildet die Grundlage der Beurteilung der von den Praxisunternehmen ausgearbeiteten Systembaukästen. Ein Systembaukasten wird

dabei kontinuierlich durch neue bauliche Lösungen angereichert und ergänzt, welche wiederum gegen die Anforderungen des Bauherrn geprüft und im Falle einer Übereinstimmung freigegeben werden können. Die Schnittstelle zum Bauherrn bildet im Idealkonzept ein „Konfigurator“, der esbausystemspezifisch ermöglicht, unterschiedliche Gebäudekonstellationen zu erstellen und daraus abgeleitete Preise und Ausführungszeiten ausreichend genau abzuschätzen. Die Übereinstimmung mit den Anforderungen des Bauherrn wird anhand des Beurteilungsrahmens bereits vorab geprüft (Systemprüfung/-zertifizierung) und trägt daher ein großes Potential zur Verkürzung langer und kostenintensiver Abstimmungsprozesse.

Digitale Softwarelösungen bieten dabei die Möglichkeit, auch den Abgleich der Anforderungen mit den angebotenen Systemlösungen (etwa, Baugruppen) zu beschleunigen. Mit modernen „Model-Checkern“ ist es möglich, Anforderungen auf Basis von programmierten „Regeln“ maschinenlesbar zu machen und damit automatisiert zu prüfen. Im Idealkonzept wäre der Anforderungskatalog vollständig in digitalen Regeln eines Model-Checkers abgebildet und könnte somit in kürzester Zeit die Angebote gegen die gestellten Anforderungen des Bauherrn prüfen und die Abweichungen direkt im 3D-Plan sichtbar machen. Auch dies birgt ein großes Potential der Prozessoptimierung und damit der Kostensenkung.

Ein dritter Anwendungsbereich digitaler Werkzeuge betrifft die Anbindung weiterer Berechnungs- und Simulationswerkzeuge an ein BIM-Modell. Diese können zukünftig wichtige Bestandteile der Konfiguratoren werden, indem sie neben den Kosten- und Bauzeitattributen weitere wichtige Informationen zum energetischen Standard, zum hygrothermischen oder akustischen Verhalten oder zu Umweltwirkungen ermitteln. Weiter, bilden sie eine äußerst wertvolle Entwicklungsumgebung, welche die Bausystementwicklung in der Qualität in ihrer Geschwindigkeit positiv beeinflusst.

Die größte Herausforderung der Entwicklung eines Bausystems liegt in der Komplexität unterschiedlicher Wirkzusammenhänge. Wenn im Rahmen der Systementwicklung beispielsweise der Aufbau einer Außenwand verändert wird, verändert man nicht nur die Statik, man beeinflusst gleichzeitig das energetische Verhalten, die hygrothermischen Eigenschaften der Außenwand, das akustische Verhalten, evtl. den Brandschutz und den verbleibenden Innenraum, was wiederum die Barrierefreiheit beeinflussen kann. Bei transparenten Bauteilen erfolgt zusätzlich noch eine Beeinflussung auf die Belichtung sowie den sommerlichen Wärmeschutz. All diese Wirkungszusammenhänge erfordern schnelle Rückkopplungen aller relevanten Kenngrößen, welche ohne den Einsatz dynamischer Simulationsmodelle kaum zu leisten scheint.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden deshalb einerseits Simulationswerkzeuge zur Beurteilung und zur Unterstützung der Bausystementwicklung angewendet (siehe Kapitel 7.3 – Hygrothermische Simulation Raumlufffeuchte). Zum anderen wurden die Möglichkeiten der Entwicklung und Anwendung eines Configurators sowie einer aus den BIM-Plänen abgeleiteten automatisierten Planprüfung beispielhaft untersucht und die daraus ableitbaren Kosteneffekte anhand detaillierter Prozessanalysen abgeschätzt.

8.2 Digitalisierung im Planungsprozess: Prüfung von Anforderungen an das Bedarfsmodell mit dem Solibri Model Checker (SMC)

8.2.1 Hintergrund der Untersuchung

Die Prüfung von digitalen Bauwerksmodellen durch Einsatz einer Model Checker Software ermöglicht einerseits die Qualitätssicherung eines BIM-Modells zu einem frühen Planungszeitpunkt sowie andererseits ein automatisiertes Prüfverfahren für Anforderungen an die Entwurfsplanung (z.B. Bauherren- oder Wettbewerbsanforderungen) oder die Genehmigungsplanung. Insbesondere im Falle wiederkehrender Prüfungen von spezifischen Anforderungen an Bauwerksmodelle sind automatisierte Prüfverfahren vorteilhaft, da die den Prüfungen zugrundeliegenden Regelsätze erneut eingesetzt werden können.

Ausgangspunkt des Forschungsvorhabens bildete die Annahme, dass spezielle Regelprüfungen gemäß dem Anforderungskatalog für den industrialisierten Wohnungsbau bei allen Objektplanungen innerhalb eines Systembaukastens angewendet werden können (siehe Kapitel 3).

Ziel der folgenden Untersuchung ist es, dies nachzuweisen und außerdem zu belegen, dass diese wesentlich zur Qualitätssicherung von BIM-Modellen und zur Optimierung des Planungsprozesses beitragen können.

Um die Prozesskette i.S.d. BIM-Workflows zu schließen, werden anhand der Umsetzung innerhalb des Projektes Rückschlüsse über Anforderungen an BIM-Modelle für die Prüfung von Anforderungen mit SMC gezogen und Handlungsempfehlungen formuliert. Sowohl die formulierte SMC-Regelsätze als auch die Empfehlungen für die Modellierung finden bei der Prüfung weiterer Bedarfsmodelle Anwendung und ein Rückspiel der Ergebnisse zu den Bauwerksplanern innerhalb des Projektes findet statt. Methoden und Erkenntnisse kommen zukünftigen Untersuchungen zur Schnittstellenoptimierung zwischen BIM-Modellen und Software-Anwendungen zugute.

Die Untersuchung wurde am Referenzgebäude der Bauweise „Raummodule“ durchgeführt. Das BIM-Modell wurde mit der Software Autodesk Revit 2015 bearbeitet und der IFC-Export im Format IFC 2x3 Coordination View durchgeführt. Als Model Checker Software wurde der Solibri Model Checker, Version 9.5.23, eingesetzt.

8.2.2 Einsatz eines BIM-Modells in der Planung von Referenzgebäuden

Die Partner des Forschungsprojektes einigten sich auf den Einsatz von BIM-Modellen für die Planung der Referenzgebäude auf Grundlage der jeweiligen Bausysteme der beiden Industriepartner. Hierbei wurden unterschiedliche Software-Lösungen eingesetzt: Die Planung von Referenzgebäuden wurde einerseits mit der Software Autodesk Revit 2015, und andererseits mit Planungssoftware Bauset durchgeführt. Erfahrungen mit dem Einsatz eines Model Checkers zur Qualitätssicherung bzw. zur Prüfung von Anforderungen an die Planung gab es von Seiten der beiden Unternehmen bislang nicht.

8.2.3 Allgemeines zum Einsatz des Solibri Model Checkers (SMC)

Unter dem Begriff *Model Checking* versteht man die automatisierte, regelbasierte Überprüfung eines Modells. Wesentlich ist hierbei die Übersetzung der zu überprüfenden Regeln in eine maschineninterpretierbare Sprache. Der Einsatz eines standardisierten Datenmodells, bei dem Informationen stets an der gleichen Stelle abgelegt sind, erlaubt das Wiederverwenden von Regeln, so dass diese nicht stets neu formuliert werden müssen. *Model Checking* kann vielfältig eingesetzt werden, sei es für das Überprüfen baurechtlicher Regelungen im Rahmen der Baugenehmigung, das Überprüfen von Anforderungen und Entwurfsprogrammen für Architekturwettbewerbe oder das Überwachen der zunehmenden Detailtiefe eines Modells beim Übergang zwischen den Planungsphasen [8.1]. Eastman et al. (2009) [8.2] unterteilen den Gesamtprozess der automatisierten Konformitätsprüfung von Gebäudemodellen, wie in Abbildung 148 dargestellt, in vier Schritte: Übersetzung der Regelwerke, Vor- und Aufbereitung des Gebäudemodells, Durchführung der Überprüfung und die abschließende Aufbereitung der Ergebnisse.

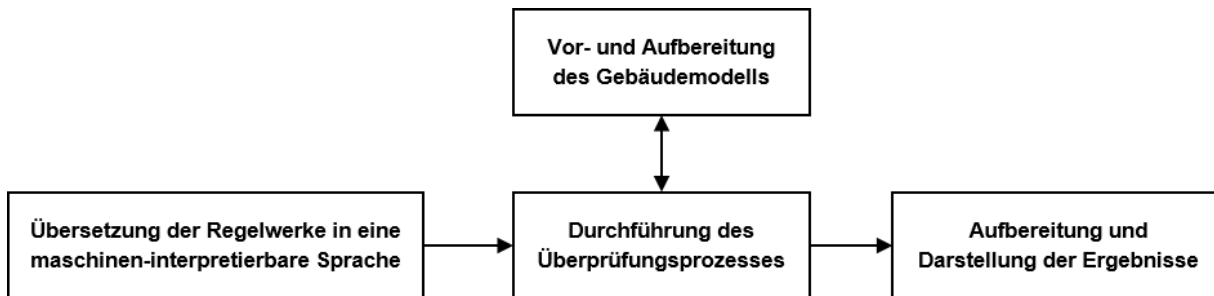


Abbildung 148 Struktur und Bestandteile einer automatisierten Konformitätsprüfung (vgl. [8.1] [8.2])

Zur Durchführung einer automatisierten Konformitätsprüfung müssen Inhalte und Informationen einer Norm oder Regel zunächst in eine von Maschinen interpretierbare Sprache gebracht werden. Hierbei kann zwischen zwei Vorgehensweisen unterschieden werden, der Black-Box-Methode, bei der der Prüfprozess in festimplementierte Programm-Routinen übersetzt wird, und der White-Box-Methode, in welcher Elemente und alle Prozessschritte lesbar für Mensch und Maschine abgebildet werden und somit nachvollziehbar sind [8.1]. In den vergangenen Jahrzehnten sind eine Vielzahl von Softwarelösungen für das sogenannte *Automated Code Compliance Checking* vorgestellt worden [8.1].

Solibri Model Checker

Der Solibri Model Checker (SMC) ist eine Java-basierte Plattform des finnischen Unternehmens Solibri, welches im Jahre 2000 ursprünglich als Werkzeug zur automatisierten Qualitätssicherung und -kontrolle von IFC-Gebäudemodellen auf den Markt gebracht wurde. Innerhalb des SMC werden die Daten eines IFC-Modells automatisch auf ein proprietäres, internes Datenmodell abgebildet und können anschließend weiterverarbeitet werden. Die Abbildung zwischen den beiden Datenmodellen basiert auf fest implementierte Routinen (Black-Box-Methode) und hat damit den Vorteil, dass das System nur in geringem Maße fehleranfällig für Inkonsistenzen im Datenmodell ist [8.1].

Der SMC analysiert BIM-Modelle auf Integrität, Qualität und physische Sicherheit. Schwachstellen und Lücken in der Konstruktion werden ermittelt und Modelle nach Normen- und Regelwerken, Bauvorschriften oder individuellen Wettbewerbs- oder Bauherrenanforderungskatalogen geprüft [8.3]. Die Software erlaubt, exportierte IFC-Dateien einer BIM-Gebäudeplanung anhand einer Reihe von Regeln zu überprüfen, potenzielle Probleme zu identifizieren und Berichte zu erstatten. Dies ist wesentlich schneller und zuverlässiger als das manuelle Überprüfen und Analysieren von Bauunterlagen [8.3]. Eine Regel kann ein Modell auf einen einzigen Aspekt hin überprüfen (z.B. Ausrichtung

von Räumen an anderen Bauteilen) sowie aus bestimmten Perspektiven oder hinsichtlich wesentlicher Merkmale (z.B. Bauart, Fenstertypen und -größen) [8.3]. Die Solibri Bibliothek enthält eine Vielzahl vordefinierter Regeln, die je nach Bedarf eingesetzt werden können. Einzelne Regeln können individuell zu Regelsätzen zusammengefasst und benannt werden. Für die Prüfung von BIM-Modellen gilt, dass eine bestimmte Hierarchie bzw. Reihenfolge der Prüfungen eingehalten werden muss, um 1. die Qualität des BIM-Modells sicherzustellen und 2. weiterführende Regelprüfungen durchführen zu können, welche auf den allgemeinen sowie projektspezifischen Grundprüfungen aufbauen. Vordefinierte Regeln können in projektbezogene Regelsätze übernommen und durch Einstellung der Regel-Parameter geändert bzw. individuell angepasst werden.

Als Ergebnis der Regelprüfung eines BIM-Datenmodells wird eine Liste von „Angelegenheiten“ oder Problemen (Issues) erzeugt. Die Komponenten, die das Problem verursachen werden visualisiert, und alle nichtbetroffenen Komponenten ausblendet. Es bleibt jedoch immer im Ermessen des Bearbeiters zu entscheiden, welche Probleme eine Aktion erfordern und welche nicht. „Angenommene“ Probleme können in Form eines "Visuellen Berichts" als dynamisches Arbeitsdokument versehen mit Kommentaren an den Autor des BIM-Modells für weitere Korrekturen zurückgespielt werden.

Weitere Möglichkeiten des Informationsaustausches bildet das Übermitteln eines „Koordinationsberichts" oder der Einsatz des BIM Collaboration Format (BCF). Abschließend kann ein Qualitäts-Protokoll als Teil des BIM Qualitätssicherungsprozesses erstellt werden [8.3].

8.2.4 Prüfen von Anforderungen an das Bedarfsmodell mithilfe des Solibri Model Checkers (SMC)

Innerhalb des Forschungsprojektes wurde das Bedarfsmodell eines Referenzgebäudes mithilfe des Solibri Model Checkers (SMC) auf die Einhaltung vordefinierter Anforderungen überprüft.

Bearbeitungsschritte

Nach Vor- und Aufbereiten des BIM-Modells für das System Raummodul **(1)** wurde das Modell an den Revit-Bearbeiter des Fraunhofer IBP übergeben. Dieser überprüfte das Modell und nahm anschließend den IFC-Export für weitere Bearbeitungen im Solibri Model Checker vor **(2)**. Der SMC-Bearbeiter importierte die IFC-Datei und erstellte das Modell in Solibri **(3)**. Anschließend wurden einzelne Regeln aus dem Vorgaben-Katalog des SMC ausgewählt, deren Parameter projektspezifisch konfiguriert und aus diesen Blöcke von Regelsätzen formuliert, welche hierarchisch aufeinander

der aufbauen (siehe 8.2.3 - Solibri Model Checker). Auf diese Weise wurden im Rahmen der Untersuchung repräsentative Regelsätze abgebildet, auf deren Grundlage im späteren Verlauf Anforderungen an das BIM-Modell geprüft wurden. Abbildung 149 zeigt eine grafische Übersicht über die Regelsätze in SMC für die Prüfung von Anforderungen innerhalb des Forschungsvorhabens. Es wurden Anforderungen anhand der folgenden Regelsätze geprüft:

1. Grundprüfungen (Regelsatz SMC1)

Aus dem SMC-Regelkatalog wurden die wesentlichen Grundprüfungen „Allgemeine Überprüfung von Räumen“ sowie die „BIM-Überprüfungen Architektur“ zu „Modellstruktur“ und „Geometrischen Konsistenz“ (ohne Brandschutz) übernommen. Ziel dieser Prüfungen ist die Qualitätssicherung des BIM-Modells zu einem frühen Planungszeitpunkt. Ein positives Ergebnis der Grundprüfungen ist Voraussetzung für die Durchführung weiterer Regelprüfungen. Hierzu zählen unter anderem „Anforderungen an das Gebäude und das Bausystem“ nach Vorgaben eines Anforderungskataloges, welche im Rahmen der Untersuchung jedoch keine Betrachtung fanden.

2. Projektspezifische Grundprüfungen (Regelsatz SMC 2)

Darauffolgend wurden Regelsätze für „Projektspezifische Grundprüfungen“ zur Prüfung „Projektspezifischer Eigenschaften“ sowie „Projektspezifischer Flächennutzungen“ erstellt. Ein positives Ergebnis dieser Prüfungen muss für alle darauffolgenden Prüfungen gewährleistet sein.

3. Prüfungen zum Raum- und Funktionsprogramm (Regelsatz SMC3)

Aufbauend auf den Regelsätzen zur Überprüfung von Anforderungen an „Projektspezifische Flächennutzungen“ (SMC2) wurden Regeln zur Prüfung der „Funktionsbereiche“ (SMC3) definiert. Ein positives Ergebnis der Überprüfung „Projektspezifischer Eigenschaften“ ist Voraussetzung für weitere Regelprüfungen des „Raum- und Funktionsprogramms“ (SMC3), innerhalb des Forschungsvorhabens zusammengefasst zu den Regelblöcken „Erweiterte Überprüfung von Räumen“ sowie „Raumprogramm und Organisation“.

4. Speziellen Prüfungen (Regelsatz SMC3)

Unter der Rubrik „Spezielle Prüfungen“ wurden Regelsätze zur Prüfung von Anforderungen an „Fluchtwege“ und „Barrierefreiheit“ formuliert.

5. Prüfungen gemäß dem Bauherren-Anforderungskatalog für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau (Regelsatz SMC3)

Des Weiteren wurden Regelsätze zur Prüfung von Anforderungen gemäß dem Bauherren-Anforderungskatalog (AFK) für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau erstellt. Hierzu zählen Anforderungen zu „Möblierbarkeit“, „Wartung/Instandhaltung“ sowie „Belichtung“.

Nach der Definition eines Regelsatzes und der Konfiguration der einzelnen Regeln führte der SMC-Bearbeiter Regelspezifische Klassifizierungen durch, d.h. den einzelnen Regelprüfungen werden Komponenten-Informationen hinzugefügt („was wird geprüft“ bzw. welche Parameter), vgl. Abbildung 149 (4).

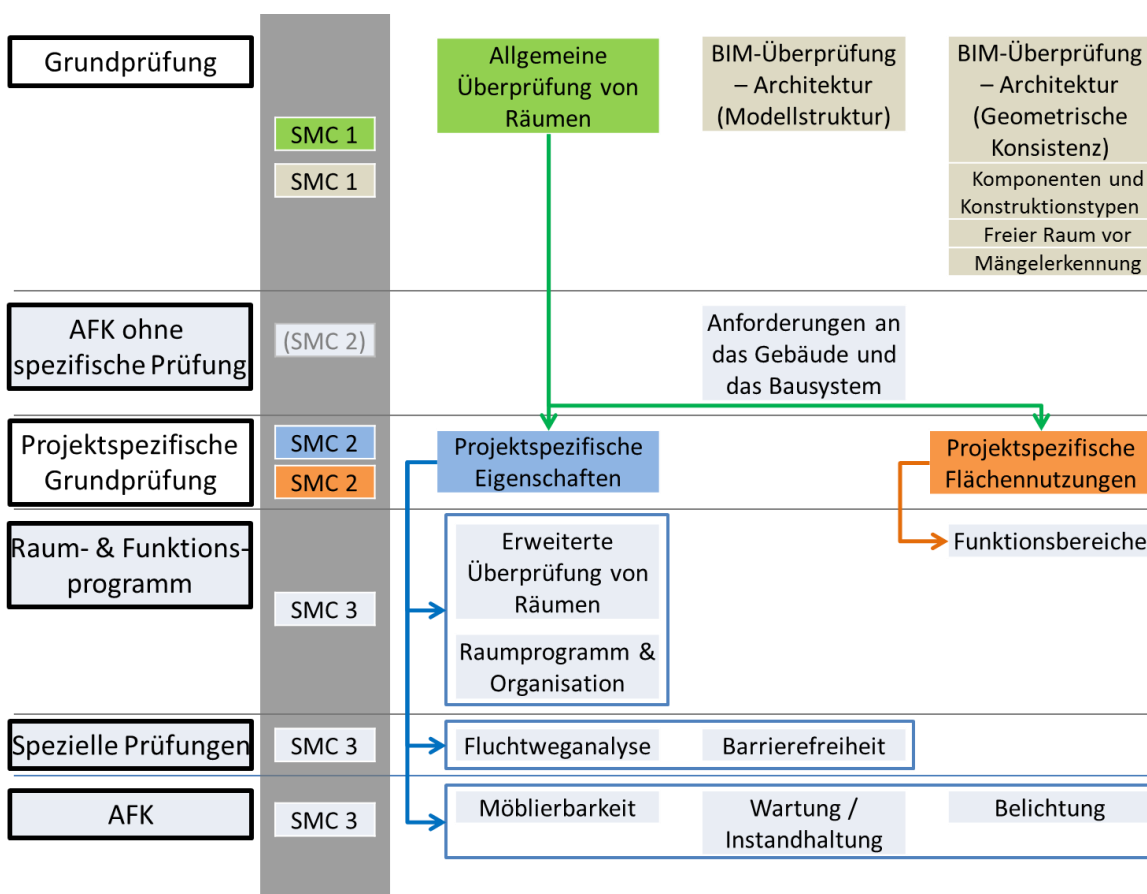


Abbildung 149 Regelsätze in SMC für die Prüfung von Anforderungen an ein BIM-Modell gemäß Bauherren-Anforderungskatalog für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau

Klassifikationen

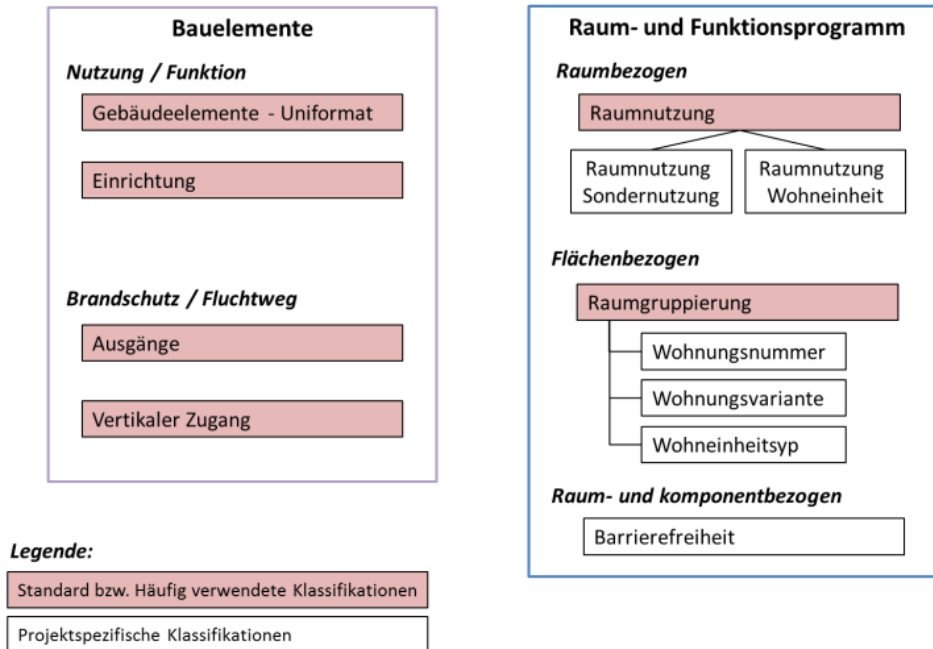


Abbildung 150 Übersicht aller verwendeten Klassifikationen für das Projekt „Bauen mit Weitblick“

In einem iterativen Prozess fand die fortlaufende Optimierung des BIM-Modells durch den Revit-Bearbeiter statt - in Rückkopplung mit den Ergebnissen durchgeführter Regelprüfungen mit dem SMC. Auf diese Weise wurde das BIM-Modell unter folgenden Aspekten optimiert (5) Abbildung 151:

- „Modell“: Modellierung/ Architektur
- „Information“: Modell-/ Bauteilbezogene Information sowie
- „IFC-Export“: Exporteinstellungen IFC/ Revit



Abbildung 151 Arbeitsschritte des Revit-Bearbeiters in der Übersicht

Die Regelprüfungen wurden in hierarchischer Reihenfolge durchgeführt und das BIM-Modell stufenweise optimiert **(6)** (Abbildung 152). Den letzten Schritt bildeten die Prüfungen gemäß dem Bauherren-Anforderungskatalog für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau (SMC3).

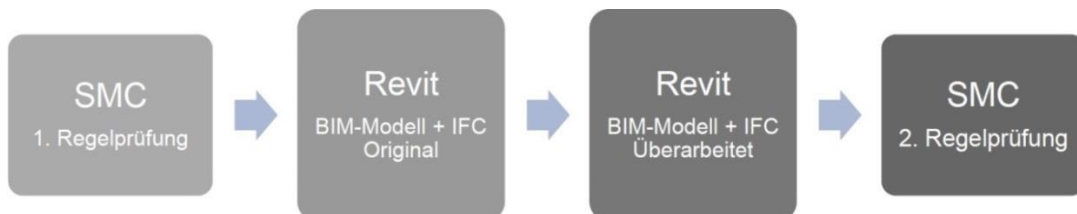


Abbildung 152 BIM-Workflow: Durchführen von Regelprüfungen und Optimierung des Revit-Modells

Nachfolgend fand die Dokumentation der Bearbeitungsschritte und Ergebnisse durch die bearbeitenden Personen statt **(7)**. Als Ergebnis wurden Anforderungen an ein BIM-Modell in Autodesk Revit definiert und Handlungsempfehlungen zur Durchführung von Regelprüfungen mit SMC formuliert **(8)** (vergleiche Abbildung 152).

Beispielhafte Regelprüfungen in SMC

Beispielhaft werden innerhalb des Forschungsberichtes folgende Regelprüfungen aufgeführt:

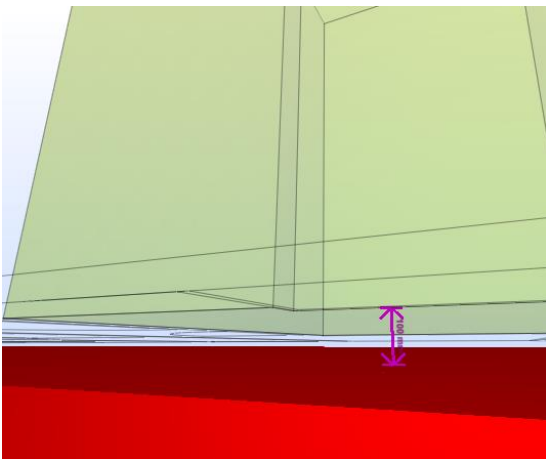
1. Grundprüfung „Allgemeine Überprüfung von Räumen“: „Raumüberprüfung“ (Regelsatz SMC1)
2. Grundprüfung „Projektspezifische Flächennutzungen“: „Räume müssen einer Raumgruppe zugewiesen werden“ (Regelsatz SMC1)
3. Regelsatz zur speziellen Prüfung „Barrierefreiheit“: „Regel für barrierefreie Türen“ sowie „Freie Bodenfläche“ (Regelsatz SMC3)

1. Grundprüfung „Allgemeine Überprüfung von Räumen“: „Raumüberprüfung“

Wozu dient diese Prüfung?

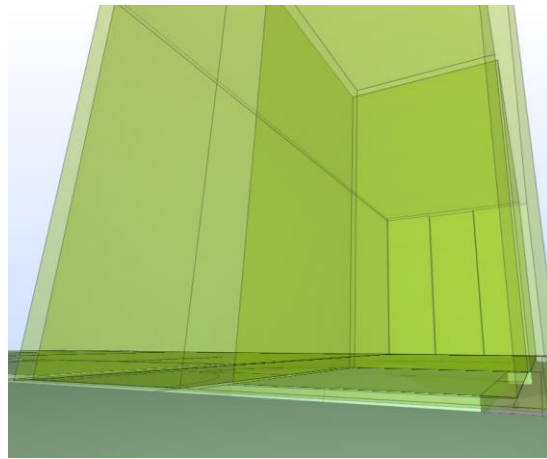
- Mit dieser Regel wird überprüft, ob Raumgeometrie und -position richtig sind. Sie überprüft, ob sich Begrenzungen in der Nähe von Wänden, Säulen oder anderen Objekten befinden und ob der Raum eine Deckenfläche oberhalb und unterhalb berührt. Sie überprüft auch die Überschneidungen mit anderen Komponenten.
- Grundprüfung, notwendig, um alle räumlichen Anforderungen zu prüfen.

Vorher

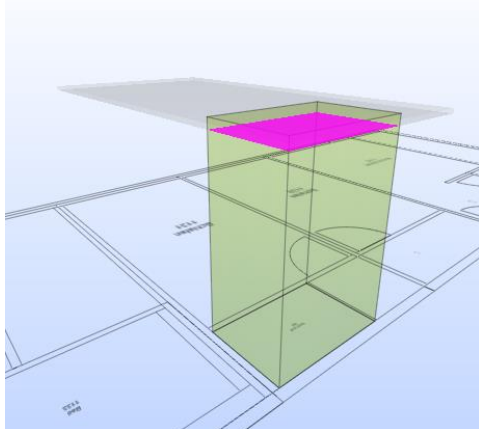


Raum modelliert ohne Berührung der Bodenplatte.

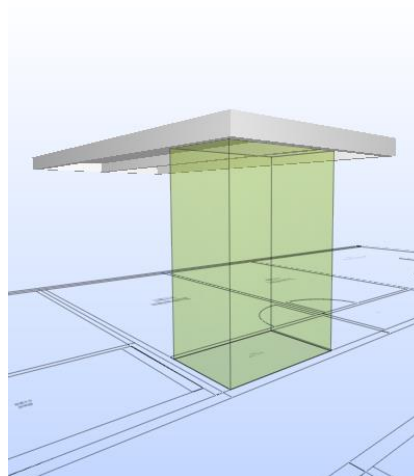
Nachher



Der Raum grenzt an die Deckenplatte.



Die Unterdecke kollidiert mit dem Raum.



Die Unterdecke schließt an den Raum an.

Abbildung 153 SMC: Fast alle Räume wurden modelliert ohne Berührung der Decken- bzw. Bodenplatte. Einzelne Räume kollidierten mit Bauteilen.

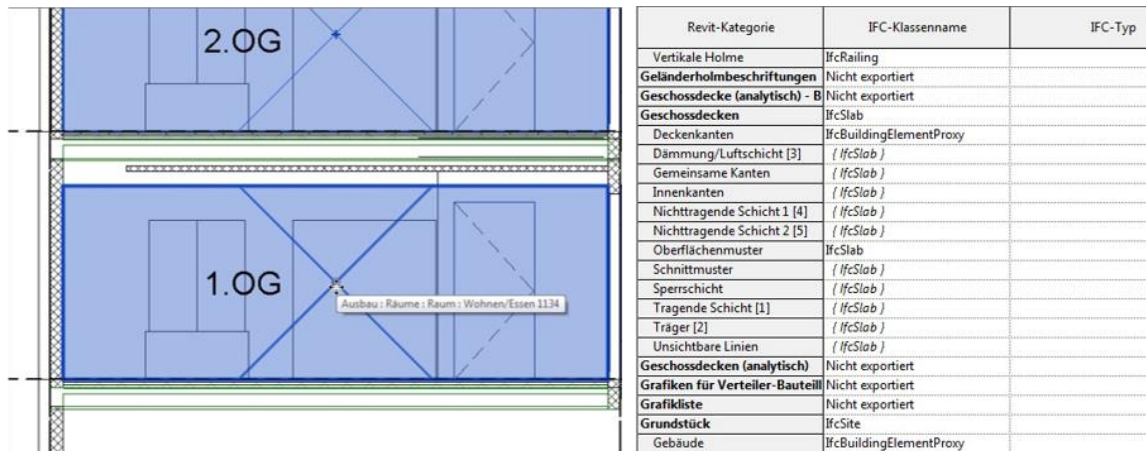


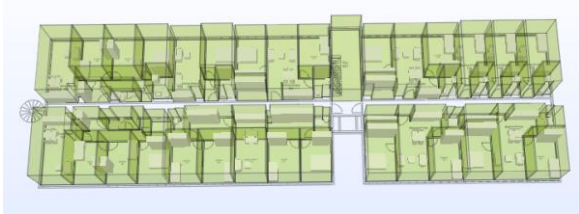
Abbildung 154 Revit: Korrektur der Raumbegrenzungen in der Schnittansicht und Optimierung des IFC-Exports

2. Grundprüfung „Projektspezifische Flächennutzungen“: „Räume müssen einer ‚Raumgruppe‘ zugewiesen werden“

Wozu dient diese Prüfung?

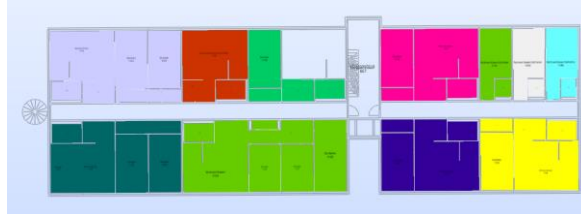
- Mit dieser Regel wird überprüft, ob alle Räume im Modell in einer „Raumgruppe“ enthalten sind. Der Begriff „Raumgruppe“ bezeichnet im SMC Raumcontainer, im Revit-Modell generiert als „Flächen“. Die Regel sollte verwendet werden, wenn das Modell Wohneinheiten enthält und alle Räume darin enthalten sein sollten. So können die einzelnen Wohneinheiten ausgewertet werden. Enthaltene Raumgruppen und Räume können in der Raumgruppierungsansicht untersucht werden.
- Grundprüfung, notwendig, um alle räumlichen Anforderungen zu prüfen.

Vorher



3D-Grundriss aller Räume. Die Wohnungseinheiten sind erkennbar ohne manuelles Zuordnen zu einer Klassifizierung.

Nachher



Schematische Darstellung der Raumgruppen. SMC klassifiziert automatisch die einzelnen Wohnungseinheiten, wenn Flächen definiert sind.



Abbildung 155 Revit: Die fehlende Klassifizierung von Wohneinheiten wurde nachträglich vorgenommen

3. Regelsatz zur speziellen Prüfung „Barrierefreiheit“: „Regel für barrierefreie Türen“ sowie „Freie Bodenfläche“

Wozu dient diese Prüfung?

- Mit diesem Regelsatz wird die Barrierefreiheit aus verschiedenen Perspektiven überprüft.
- Prüfung gemäß AFK Erschließungstypologien: Barrierefreie Erschließung gemäß DIN 18040-2

Raumklassifikation	Raumnutzung Wohneinheit
Einrichtungsklassifikation	Einrichtung
Anforderungen für freie Flächen	
Klassifikationsnamen für Räume	Anforderungen
WC	[ø des Rollstuhl-Wendekreises 1,20 m, Freier Raum neben Toiletten Sitz]
Bad	[ø des Rollstuhl-Wendekreises 1,20 m, Freier Raum neben Dusche]
Bad	[ø des Rollstuhl-Wendekreises 1,20 m, Freier Raum neben Becken]






<input checked="" type="checkbox"/>		Durchmesser	1,20 m
<input type="checkbox"/>		Breite	1,00 m
		Türflügel abziehen	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		Hindernisse vermeiden	<input checked="" type="checkbox"/>
		Länge	2,00 m
		Breite	1,00 m
<input checked="" type="checkbox"/>		Einrichtungsklassifizierung	Dusche
		Minimale Länge (A)	0 mm
		(A) Entspricht der Länge der Einrichtung	<input checked="" type="checkbox"/>
		Vorn und hinten	<input checked="" type="checkbox"/>
		Minimale Breite (B)	1,20 m
		Doppelseitig	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		Einrichtungsklassifizierung	
		Minimaler Abstand	405 mm
		Maximaler Abstand	455 mm
		Doppelseitig	<input type="checkbox"/>

Abbildung 156 Beispielhafte Klassifizierung und Anpassung von Regel-Parametern in SMC

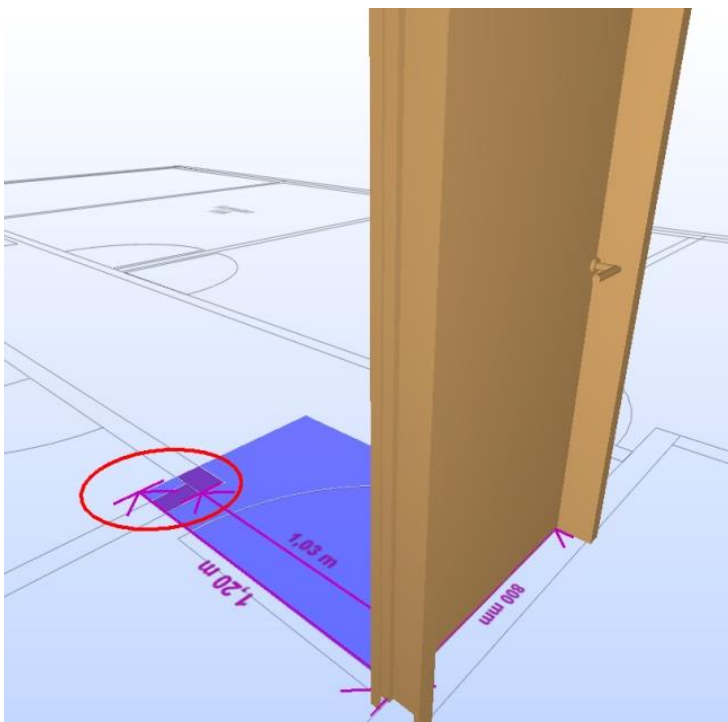
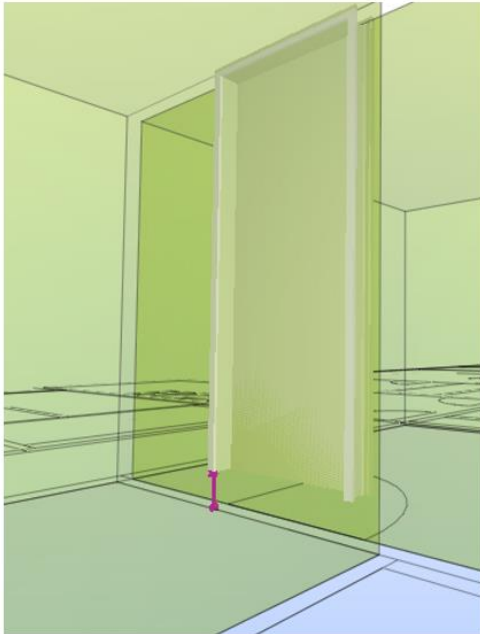


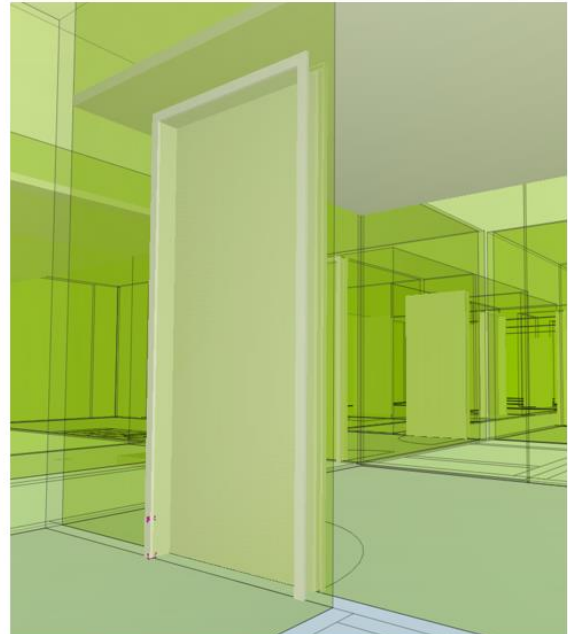
Abbildung 157 SMC: Negatives Prüfergebnis der Regel „Freie Bodenfläche“: zu geringer Abstand bzw. fehlender Wendekreis vor der Tür

Vorher



Türen mit Schwelle modelliert

Nachher



Türen ohne Schwelle

Abbildung 158 SMC: Visualisierung von Prüfergebnissen der Regel „Barrierefreie Türen“: Türen waren zunächst mit Schwelle modelliert

8.2.5 Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen der Untersuchung wurden Anforderungen an das Bedarfsmodell mithilfe des Solibri Model Checkers geprüft. Hierzu wurden Prüfergebnisse erstellt, welche allgemeine Grundprüfungen, projektbezogenen Prüfungen sowie Prüfungen gemäß Bauherren-Anforderungskatalog für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau umfassten. Die Umsetzung belegt, dass der in diesem Forschungsvorhaben entwickelte Bauherren-Anforderungskatalog für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau in individuelle Regelsätze zur automatisierten Prüfung von BIM-Modellen im Planungsprozess eingesetzt werden kann. Das Revit-Modell wurde beziehungsweise auf die Aspekte „Modell“, „Information“ und „IFC-Export“ optimiert. Die aus der Umsetzung gewonnenen Erkenntnisse und die Dokumentation der einzelnen Arbeitsschritte erlaubten die Formulierung von Anforderungen an Revit-Modelle und den IFC-Export sowie von Handlungsempfehlungen für die Prüfung von Anforderungen mit dem Solibri Model Checker. Hierbei konnten wesentliche Kompetenzen in Bezug auf den BIM-Workflow innerhalb des Projektteams gebildet werden. Auch der Beitrag automatisierter Prüfverfahren zur Qualitätssicherung von BIM-Modellen und deren Mehrwert i.S.d. Prozessoptimierung (Kosten und Zeit) in der Bauwerksplanung wurde erbracht.

Weitere zentrale Erkenntnisse

Model Checking mit SMC ist ein sehr gutes Verfahren, um die Qualität des BIM-Modells zu einem möglichst frühen Zeitpunkt der Planung sichern zu stellen. Jedoch stellt die Modellierung und Formulierung von Bauwerksinformationen noch immer eine Herausforderung dar: Der Detaillierungs- bzw. Ausarbeitungsgrad (Level of Detail/ Level of Development) des BIM-Modells, d.h. inwieweit ein Bauwerk in einzelnen Bauteile modelliert wird, ist von wesentlicher Bedeutung, um eine bestimmte Aufgabe computergestützt zu erledigen. Hierbei müssen auch die Beziehungen zwischen Bauteilen berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist die Fehlerfreiheit und Konsistenz des Gebäudemodells wesentliche Grundlage für einen vollständigen Prüfungsprozess und verlässliche Ergebnisse. Trotz der Weiterentwicklung offener Datenstandards kann eine Fehlerfreiheit des Datenmodells nicht garantiert werden. Zentrale Erkenntnis aus der Umsetzung im Rahmen des Forschungsprojektes ist, dass der Prüfprozess für ein Gebäudemodell nur durch einen vorhergehenden Prozessschritt, welcher das Datenmodell überprüft und aufbereitet, realisiert werden kann. Obwohl der Solibri Model Checker die Prüfungen auf Basis von festimplementierten Programm-Routinen durchführt, handelt es sich nur bedingt um einen standardisierten Prozess, welcher von dem zu überprüfenden Gebäudemodell, den jeweiligen Regelkatalogen und Normen sowie dem Fachwissen des Bearbeiters abhängt [vgl. 8.1].

Die Methoden und gewonnenen Erkenntnisse der Untersuchung wurden für die Bearbeitung der Referenzgebäude „Regelfall“, für die Formulierung von Handlungsempfehlungen sowie die zukünftigen Definitionen von Anforderungen an BIM-Modell und IFC- Export für weitere spezielle Softwareanwendungen oder Informationsausgaben (LCA, LCC u.a.) herangezogen.



Abbildung 159 Output: Anforderungen an ein BIM-Modell in Autodesk Revit für Regelprüfungen mit SMC, Handlungsempfehlungen

8.2.6 Fazit

Die angestrebte Optimierung des Planungsprozesses durch eine automatisierte Prüfung des Bedarfsmodells zeigte, auf welche Weise eine solche Realisierung möglich ist, und vor allem, welches Potential in der automatisierten Durchführung von Konformitätsprüfung liegt und welche es i.S.d. Prozessoptimierung auszuschöpfen gilt.

Um digitale Bauwerksmodelle für den gesamten Lebenszyklus der Immobilie zu nutzen, ist es wesentlich, die Qualität des BIM-Modells zu einem möglichst frühen Zeitpunkt der Planung sicherzustellen. Fazit der vorliegenden Untersuchung ist, dass die vollständige Abbildung eines Bauherren-Anforderungskatalogs in Form von Regelsätzen in SMC und die automatisierte Überprüfung von Bedarfsmodellen anhand dieser Regeln möglich ist und dass automatisierte Prüfverfahren wesentlich zur Qualitätssicherung der Gebäudeplanung auf Basis des *Building Information Modeling* beiträgt.

Ausblick bietet die künftige Umsetzung des Verfahrens in Form von Prüfungen im vollen Umfang eines Bauherren-Anforderungskatalogs für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau für Gebäudeplanungen auf Basis eines Systembaukastens und umgesetzt mithilfe eines Konfigurators.

8.3 Konfiguration von Bausystemen - Prinzipien zur Entwicklung von Gebäudekonfiguratoren für Bausysteme

Das Verständnis, was unter einem sogenannten „Wohnungsbau-Konfigurator“ zu verstehen ist wurde bereits in Kapitel 4.5 ausführlich behandelt. Es soll darum an dieser Stelle lediglich der aktuell technisch mögliche Stand von Konfiguratoren am Beispiel der im Forschungsprojekt beteiligten Industriepartner aufgezeigt und diskutiert werden.

8.3.1 Marktanalyse

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde ermittelt, inwieweit ein Bausystem-Konfigurator anhand der aufgestellten Zielstellungen umsetzbar ist; welche Lösungen es bereits am Markt gibt bzw. wie eine Umsetzung anhand der Systemlösungen der beiden Praxispartner erfolgen kann.

Zunächst ist es wichtig zu differenzieren, dass zur Konfiguration eines Systembaukastens lediglich mit spezifischen Bausystemen gearbeitet werden kann, da Baukosten- und Bauzeitinformationen systemspezifisch sind. Ein Bausystem-unabhängiger Konfigurator wäre nicht in der Lage, die entscheidenden Informationen für eine verkürzte Anbahnungsphase von neuen Wohnungsbauprojekten zu leisten, da die wichtigen Fragen nach der Baubarkeit, der Qualität, den Kosten und Abwicklungszeiten nicht beantwortet werden können. Es bedarf der system- und herstellerbezogenen Informationen im Hintergrund, um die relevanten Entscheidungen eines Bauherrn zu unterstützen.

Verwendet man die Analogie zum Automobilbau könnte ein im Internet angebotenes, herstellerunabhängiges, Fahrzeug zunächst keine Informationen zu Kosten und Lieferzeiten liefern. Erst wenn es durch einen spezifischen Hersteller mit dem entsprechenden individuellen Design, der eigenen Leistungsparameter und der zugeordneten Kosten unterlegt wird, entsteht ein Vorteil durch eine verkürzte Akquisephase. Es wird darum, analog zu anderen Wirtschaftsbereichen, lediglich die Umsetzung und Anwendung von herstellerproprietären Konfiguratorlösungen betrachtet, die dafür aber mit konkreten Kennzahlen und Leistungsparametern aufwarten können. Die in den anderen Kapiteln ausgearbeiteten Lösungen liefern wichtige Bausteine für eine erfolgreiche Umsetzung und Anwendung eines individuellen Systembaukastens. Ein systemproprietärer Konfigurator jedoch trägt das Potential deutlicher Prozessverkürzungen sowohl auf Seiten des Bauherrn wie auf Seiten der Umsetzung. Deshalb sind diese Lösungen Bestandteil der weiteren Betrachtung.

Um nicht unmittelbar mit den spezifischen Randbedingungen der Praxissysteme eingegrenzt zu werden, wurde zunächst analysiert, ob, und in welchen Bereichen des Bauwesens, bereits Lösungen bzw. Entwicklungen bestehen.

Es wurde schnell ersichtlich, dass die Entwicklung von Konfiguratoren im Bauwesen noch weitestgehend am Anfang steht. Zwar sind immer mehr Hersteller in der Lage, ihre Planungen und Gebäude in 3D-BIM Modellen abzubilden. Diese Modelle tragen bei fortschreitender Anwendung und Entwicklung auch viele der notwendigen Informationen zur Bereitstellung der in Kap. 8.4.1 formulierten und gewünschten Kennwerte, jedoch liegen diese Informationen allesamt in modernen CAD-Modellen und benötigen zur Anwendung einen Spezialisten.

Erste Umsetzungslösungen zeigen bereits in sehr einfachen Gebäudeformen standardisierter Einfamilien-Typenhäuser (vgl. Abbildung 160). Diese weisen die notwendige Grundstruktur an Gebäudedekubatur, wählbaren Ausstattungsvarianten und damit direkt verknüpften Informationen zu Baukosten, Plänen und Ausstattungsdetails auf. Diese vorhandenen Verkaufsplattformen werden zunehmend auf webbasierte Lösungen für Endanwender transferiert, benötigen jedoch ebenfalls noch Zeit, die gewünschte Leistungsfähigkeit und den daraus ableitbaren Mehrwert voll zu erschließen.



Abbildung 160 Webbasierter Einfamilienhaus-Konfigurator Mr&Mrs Homes

Im Bereich des Geschosswohnungsbaus stellen diese Lösungen eine deutlich größere Herausforderung dar, da es hinsichtlich der möglichen Grundrisskonfigurationen, Erschließungsformen, der Geschossigkeit sowie des Wohnungsmixes viel mehr Varianten zu berücksichtigen gilt. Die skandinavischen Länder sind bereits deutlich früher als Deutschland in die Digitalisierung des Bauwesens eingestiegen und haben sich somit bereits verstärkt auch mit der Fragestellung automatisierter Planungsprozesse anhand von Konfiguratoren beschäftigt.

In diesem Zusammenhang gibt es von der Firma MT Hojgaard den Prototypen eines Grundriss-Konfigurators für die automatisierte Analyse optimaler Grundrissformen anhand der spezifischen Randbedingungen eines konkreten Baufeldes. Dabei werden vom entwickelten Werkzeug unterschiedliche Lösungen automatisch generiert und anhand der gesetzten Ziele und Kennwerte bewertet. Aufgrund des automatisierten Prozesses können in sehr kurzer Zeit eine große Anzahl von Varianten betrachtet, verglichen und aussortiert werden, so dass am Ende lediglich die Lösungen übrigbleiben, welche in Bezug auf die Anforderungen die besten Kennwerte liefern.

Im Forschungsprojekt liegt der Fokus jedoch auf einer schnellen Identifikation der Baukosten, Leistungskennwerte und Bauzeiten anhand vorkonfektionierte Baugruppen oder Typengeschosse, so dass der Lösungsansatz eines Grundrisskonfigurators für die vorliegende Aufgabe nicht übertragbar ist.

Die aufgeführten Beispiele bieten dennoch Hinweise auf mögliche Anwendungspotentiale, welche in Zukunft die Leistung und die Wertschöpfung von Konfiguratoren zusätzlich verbessern können. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde deshalb untersucht, inwieweit und in welcher Form die Entwicklung und Umsetzung eines Konfigurators für die Zielstellung aus Kapitel 8.4.1 erfolgen kann.

8.3.2 Prototypische Umsetzung

Von beiden Systemanbietern (Regnauer, Bögl) wurden individuelle erste Lösungen entwickelt, welche zum einen die generelle Umsetzbarkeit, aber auch die aktuellen Grenzen einer Umsetzung aufzeigen sollten. Wichtig dabei war die Identifizierung von Prozessschritten, welche bei der Anwendung eines Konfigurators, verglichen mit der konventionellen Planung, beeinflusst werden. Dies sollte im letzten Schritt bewertet werden und einen Hinweis geben, welcher Mehrwert sich aus der Entwicklung für die Prozessbeteiligten hinsichtlich der Kostenoptimierung ableiten lässt (siehe Kapitel 8.4). Die weitere Ausgestaltung und Umsetzung der individuellen und systemproprietären Konfiguratorlösungen sind Aufgabe der Herstellerfirmen.

Die Partner Regnauer hat hierzu einen ersten Prototyp erstellt, welcher es ermöglicht, vorkonfigurierte Wohnungs- und Raumelemente in einer einfachen an einen Erschließungskern anzubinden und über die Geschosse aufzubauen. Die Raumelemente sind dabei sehr stark vereinfacht und weisen wenige Details auf. Sie bieten jedoch die Möglichkeit, diesen Raumelementen wichtige Kennwerte z. B. hinsichtlich kalkulatorischer Kosten zuzuordnen, welche sich dann durch die erfolgte Konfiguration auswerten lassen. In dieser Form könnten in Zukunft sukzessive weitere Baugruppen

und Systemelemente als Raumkörper erfasst und hinzugefügt werden, sodass der Freiheitsgrad der Lösungsvarianten aber auch der Grad der Detaillierung kontinuierlich ansteigen kann und man dem ausgegebenen Ziel näherkommt.

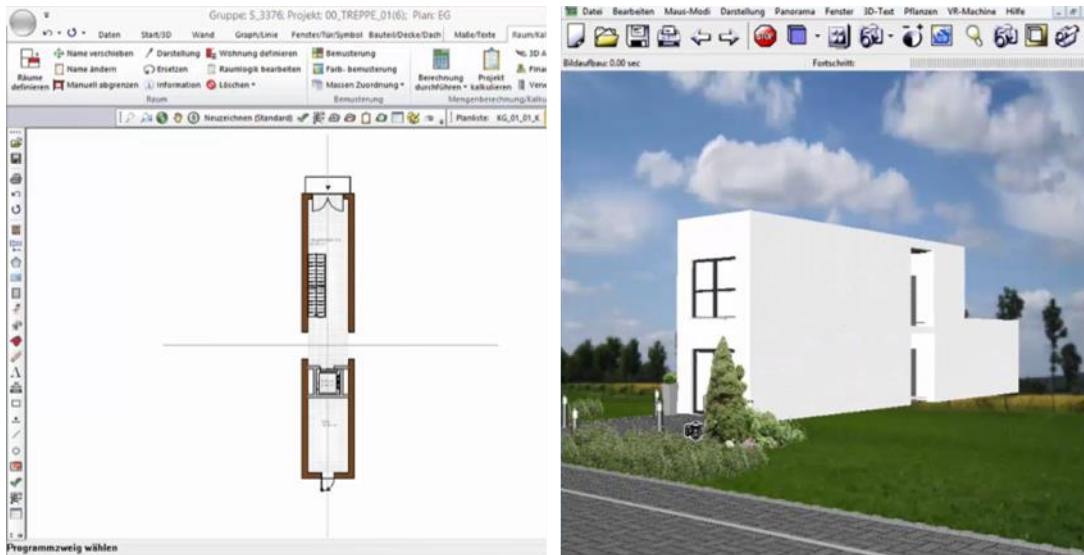


Abbildung 161 Erster Prototyp eines Konfigurators für das System Flächenelemente

Aus dem Planungsumfeld der Firma Max Bögl wurde eine Lösung auf der Grundlage eines Sketch-Up-Models erarbeitet und hinsichtlich der Anwendbarkeit als Konfigurator untersucht. Sketch-Up ist ein in der Grundversion frei verfügbares 3D-Planungs- und Entwurfswerkzeug, das somit einer breiten Anwenderschaft zur Verfügung steht.

Es wurde eine Lösung angestrebt, welche mit vorkonfektionierten Baugruppen eine einfache und fehlerfreie Konfiguration durch den Anwender erlaubt. Hierzu wurde neben den verfügbaren Baugruppen eine Art 3D-Planungsrahmen erstellt, welcher es ermöglicht, einzelne Baugruppen als 3D-Element per „drag & drop“ zu greifen und diese im virtuellen Planungsrahmen abzusetzen.

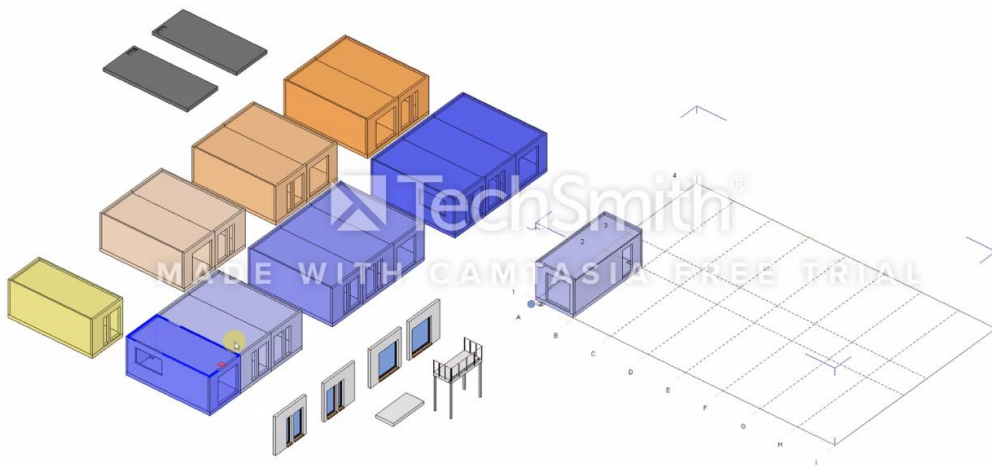


Abbildung 162 Darstellung der Konfigurator-Entwicklung Raummodul 1/4

Dies sichert eine exakte und richtige Positionierung einer Baugruppe im Plan, da diese mit einer automatischen Endpositionierung auch exakt an der Schnittstelle zur angrenzenden Baugruppe platziert wird. Fehlt diese Funktion, könnten Baugruppen frei positionierbar im Plan abgesetzt werden, was eine fehlerfreie und saubere Erstellung für Laien ausschließt.

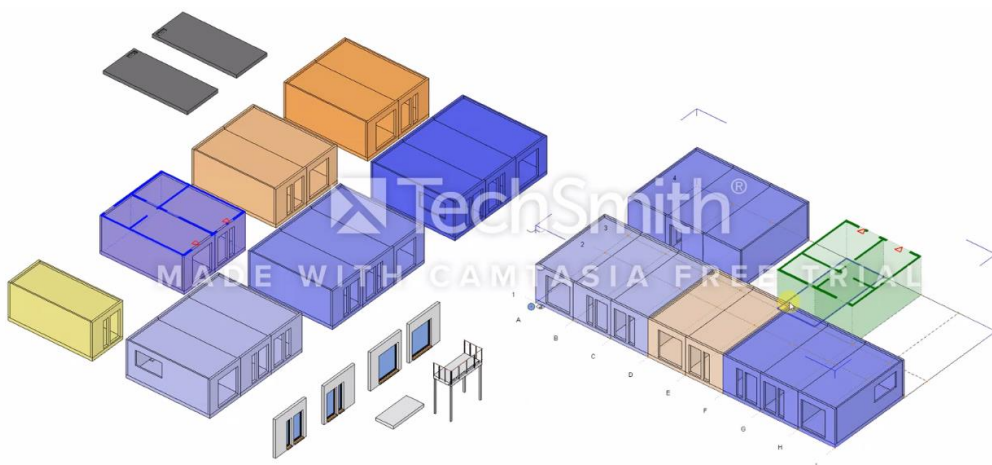


Abbildung 163 Darstellung der Konfigurator-Entwicklung Raummodul 2/4

Durch den vorhandenen virtuellen Planungsrahmen können Baugruppen nur in einem Geschoss aneinandergereiht platziert werden und das Werkzeug selbst zieht sie in die finale richtige Position.

Die Lösung weist bereits eine sehr weitreichende Grundlogik eines baugruppen-basierten Aufbaues auf. So sind alle in Kapitel 4.4.1 vorgestellten Baugruppen (Baugruppe Gebäude, Typengeschoss, Erschließung und Anbauten) programmiert und als solche zur Modellierung verfügbar.

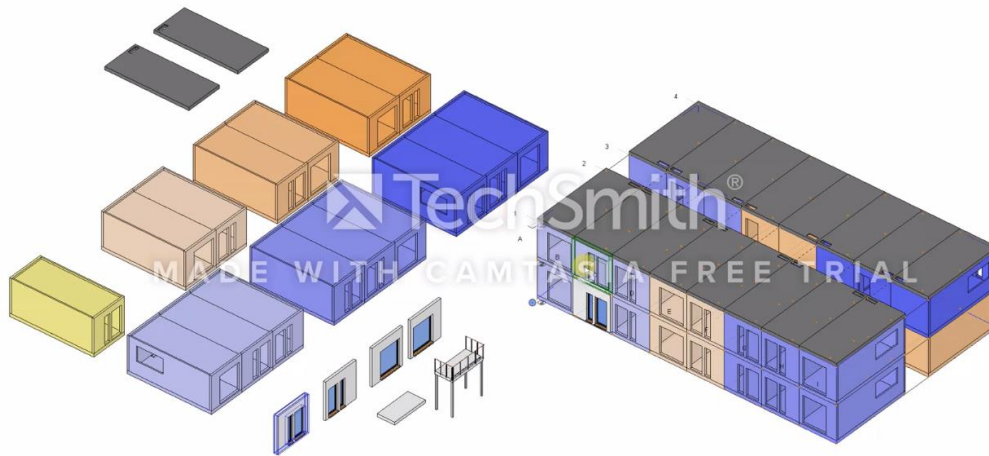


Abbildung 164 Darstellung der Konfigurator-Entwicklung Raummodul 3/4

Durch eine „Connect“-Funktion lässt sich auch ohne baukonstruktive Fachkenntnisse ein ausreichend valides Modell erzeugen, welches im Hintergrund bereits alle wichtigen und durchgeplanten Details mitträgt.

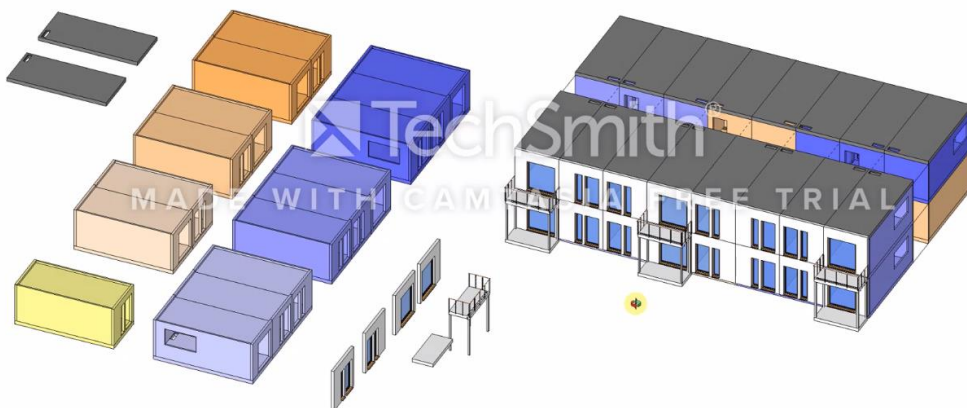


Abbildung 165 Darstellung der Konfigurator-Entwicklung Raummodul 4/4

Die Nutzung des Konfigurator-Prototypen im System Raummodul erlaubt somit schon jetzt eine gemäß der Zielsetzung schnelle Konfiguration mit validen Aussagen zu Kosten, Zeit und Kennwerten.

8.3.3 Fazit

Die Konfigurator-Prototypen zeigen, dass es grundsätzlich möglich ist, mithilfe vorprogrammierter Baugruppen einen ersten Gebäudeentwurf zu konfigurieren. Zudem existieren bereits sehr interessante Hilfsfunktionen, welche dies unterstützen. Mit den Baugruppen lassen sich bereits auch komplexe und vielschichtige Informationsmodelle verknüpfen, sodass eine Umsetzbarkeit hinsichtlich der formulierten Ziele gegeben ist.

Eine kundengerechte Entwicklung und Ausgestaltung endgültiger Gebäude-Konfiguratoren benötigt jedoch noch einer intensiven weiteren Entwicklungsarbeit. Einschränkend muss zudem erwähnt werden, dass die wichtige Hilfsfunktion der automatisierten Positionierung im Plan nur anhand der spezifischen Randbedingungen des eines Raummoduls mit seinen festen Abmaßen möglich ist. Nur so kann der virtuelle Planungsrahmen aufgezogen werden und ein exaktes Einpassen der ausgewählten Module erfolgen. Das Hinterlegen von weiteren wichtigen Informationen und auch detaillierteren Plänen ist nur deshalb möglich, da die Module in der Form und den Abmaßen nicht veränderbar sind. Denkt man an eine freie Skalierung der Längen, Breiten und Höhen wird die Aufgabe extrem komplex, da sich alle relevanten Informationen und Parameter im Hintergrund parametrisch mitverändern müssten. Gleichzeitig müssen Sicherheitsmechanismen eingebaut werden, welche nicht-mögliche Kombinationen von Baugruppen unterbinden, bzw. dem parametrischen Skalieren an notwendiger Stelle Einhalt gebieten. Es liegt demnach noch ein weiter Weg vor der Realisierung und der kundengerechten Ausgestaltung derartiger Gebäude-Konfiguratoren. Jedoch bauen sich die Hürden durch immer mehr in BIM-Systemen und Modulen verfügbaren Baugruppen kontinuierlich ab. Die damit einhergehenden Verknüpfungen mit Kosten- und Zeitattributen liefern zudem wichtige Anwendungs- und Umsetzungsbausteine für wertschöpfende Konfiguratorlösungen.

Festzustellen bleibt, dass die Erstellung von Gebäude-Konfiguratoren grundsätzlich möglich ist und sich zumindest für bestimmte Segmente wie den mehrgeschossigen Wohnungsbau etablieren können. Aus diesem Grund wurden die damit erzielbaren Kosteneinsparpotentiale in den durchgeführten Prozessanalysen berücksichtigt und bewertet (siehe folgendes Kapitel). Ziel ist es, ein Gefühl dafür zu entwickeln, ob die erzielbaren Einsparungen den Aufwand für die Erstellung derartiger Konfiguratoren rechtfertigen.

An dieser Stelle wirken die beiden verfolgten Anwendungsstränge der Digitalisierung in ihren Auswirkungen zusammen, denn ein Konfigurator allein ermöglicht zunächst nur eine rasche Erstellung des gewünschten Gebäudemodells. Ob die dadurch „mitgezogenen“ Bauteilinformationen und Planungsdetails auch dem gewünschten Anforderungskatalog der Bauherren entsprechen, wäre in der Folge immer noch als aufwendiger händischer Prüfprozess zwischen Angebot und Soll zu prüfen. Hier können die automatisierten Planprüfungen auf der Grundlage der Model-Checker eine weitere Prozess- und damit Baukostenreduktion erschließen, in dem das konfigurierte Gebäude im Hintergrund auch einen „BIM-Plan“ erzeugt, der über eine ifc-Schnittstelle automatisiert gegen die Bauherrenanforderungen geprüft und die Abweichungen sichtbar gemacht werden. Dies würde bedeu-

ten, dass zum einen der Systemanbieter den Aufwand einer Konfiguratorenentwicklung und andererseits der Bauherr den Aufwand der Erstellung eines individuellen regelbasierten digitalen Anforderungskatalogs dem erzielbaren Nutzen entgegenstellen muss.

Im optimalen Prozess könnte man diese „Systemprüfung“ wie in Abbildung 147 dargestellt bereits in Form einer Art Systemzertifizierung für das Bauherren-Anforderungsprofil vorziehen. Mit einem Bauherren-geprüften Bausystem (z.B. „System Kommunale Wohnungsgesellschaft mbH Erfurt“) könnte dann das individuelle Lösungsprofil bereits im Konfigurator hinterlegt werden und müsste nicht bei jedem neuen Planungsprozess wieder geprüft werden. Dies erschließt den maximalen Gewinn an Prozesszeit, löst aber auch einen zusätzlichen Aufwand in der Vorbereitung aus, sodass es sich nur bei einer ausreichenden Anzahl von Ausführungen rechnen kann.

8.4 Prozessoptimierung - Prozessanalyse

8.4.1 Hintergrund der Untersuchungen

Aufbauend auf die oben genannten Anwendungsbeispiele digitaler Werkzeuge (automatisierte Prüfverfahren & Konfigurator) soll nun dargestellt werden, welche Kostenpotentiale sich durch einen konsequenten Planungsprozess mit einem Systembaukasten ergeben.

Ziel ist es, zu identifizieren, inwieweit ein solch idealtypischer Planungsablauf zu Kostensenkungen in den Planungsleistungen führen kann. Es wurden dazu die teil-industrialisierten Planungsprozesse der Projektpartner erfasst (Ist-Prozess). Einzelne Prozessschritte des Planungsprozesses wurden auf deren Kostenrelevanz und Kostengröße hin beurteilt. Anschließend wurde analysiert, welche Prozessschritte bei einer durchgängigen Anwendung der oben dargestellten digitalen Werkzeuge entfallen (oder hinzukommen) könnten.

Von einer quantitativen Ermittlung der Kosteneinsparung wird an dieser Stelle abgesehen, da zum Zeitpunkt des vorliegenden Forschungsvorhabens noch keinerlei Erfahrungen bestehen, welchen Kostenaufwand die Entwicklung eines Systembaukastens inklusive eines Gebäude-Konfigurators in endgültiger Form bedeutet.

8.4.2 Prozessanalysen bei den Projektpartnern

Die Prozessanalyse erfolgte in mehreren Stufen. Zuerst wurde eine Ist-Erfassung der Planungsprozesse ausgeführt, um den aktuellen Zustand der Arbeitsabläufe aller Baubeteiligten zu dokumentieren. Die Aufzeichnung folgte in persönlichen Gesprächen mit jeweils zuständigen Personen.

In einem weiteren Schritt wurden den Prozessschritten Kostenkennwerte zugeordnet, wobei zwischen Prozessschritten einer Entscheidung und Prozessschritten einer eigentlichen Bearbeitung unterschieden werden musste. Die Prozessschritte wurden demnach kostenmäßig äußerst unterschiedlich gewichtet.

In einer nächsten Phase wurden alle Prozessschritte auf deren weitere Gültigkeit im seriellen Bauen hin überprüft und entsprechend gestrichen oder mit einem Einsparpotential versehen. Es wurden, bei der Prämisse einer Serialität und Anwendung komplexer Werkzeuge auch Prozessschritte zum Planungsprozess hinzugefügt. Es entstand damit ein „Soll-Prozess“ – ein idealtypischer Planungsablauf im Sinne eines konfigurierten Gebäudes mithilfe des Systembaukastens. Dieser spiegelt potentielle Verkürzungen der Abläufe bzw. Aufbesserungen dar, die sich aufgrund des Einsatzes von digitalen Werkzeugen ergeben. Schließlich ermittelt der Soll/Ist-Abgleich eine Einschätzung der Kosteneinsparungspotentiale durch die Anwendung digitaler Werkzeuge im Planungsprozess.

Eine Prozessanalyse wurde vertieft für das Bausystem Flächenelemente durchgeführt, da hier ein Abgleich mit einem konventionellen Ist-Prozess möglich war.

Potentialabschätzung System Raummodule

Ein herkömmlicher Planungsprozess als Abgleich besteht für das System Raummodule nicht, da bei jeder Planung mit Raummodulen wegen der geringen Maßflexibilität von vornherein das gewählte System zu berücksichtigen ist.

Den üblichen Ablauf eines Bauvorhabens mit Raummodulen wird in Abbildung 166 skizziert.



Abbildung 166 Der skizzierte Prozess eines Bauvorhabens mit Raummodulen

Der Prozess unterscheidet sich zu konventionellen Bauplanungsprozessen darin, dass er in seinen Prinzipien einer Serienfertigung entspricht. So steht zu Beginn des Prozesses die Prüfung der Realisierbarkeit eines Bauvorhabens mit dem Bausystem. Bald darauf folgt die Vorplanung mithilfe eines Konfigurators, der schnell in ein Bauprogramm und eine Angebotserstellung mündet.

Vergleicht man den Prozess mit den vielen Absprachen, Wünschen, Gestaltungsmöglichkeiten konventioneller Planungsprozesse, wird schnell ersichtlich, dass der hier aufgezeigte idealtypische Planungsprozess nicht in Richtung Serienfertigung optimiert werden kann, sondern dieser bereits entspricht.

Die im Kapitel 9 auftauchenden Planungskosten für das System Raummodul sind daher nicht in einen konventionellen und einen serientypischen Planungsprozess aufteilbar. Die eine aufgelistete Summe der Kostengruppe 700 nach DIN 276 entspricht daher der serientypischen Planungsweise.

Potentialabschätzung System Flächenelemente

Anders als beim Planungsprozess auf Basis von Raummodulen verhält es sich mit dem Bausystem mit Flächenelementen - hier hybrider Tafelbau. In Tafelbauweisen verfügt man über langjährige Erfahrungen im Wohnungsbau und reagiert ähnlich wie im konventionellen Bauen üblicherweise auf sehr individuelle Anforderungen der Bauherren.

Die Prozessanalyse im System Flächenelemente zeigt daher große Einsparpotentialen einer Serienfertigung unter Einsatz eben genannter digitaler Planungswerkzeuge.

In Tabelle 21 sind die Einsparpotentialen durch aufsummieren einzelner, optimierter oder wegfallender Prozessschritte aufgezeigt. Die konkreten Kosten beziehen sich dabei auf das in vorigen Kapiteln dargestellte Referenzgebäude in der Ausführung „Regelfall“ – Versorgungsvariante Gas.

Tabelle 21 Einsparpotentiale im Planungsprozess System Flächenelemente

Kostenposition	Kostensenkungspotentiale	und Begründung
Beratung	3% - 5%	Skalierung durch Vereinheitlichung und Optimierung
Ingenieurdienstleistungen	24% - 32%	Skalierung durch Erfahrung, ab Losgröße 4
Allgemeine Verwaltungskosten und Wagnis und Gewinn	11% - 48%	Skalierung je nach Varianten (Fassade, Gebäudekörper...)
Gesamt	4,5% – 11,0%	Einsparungen durch Optimierungen des Planungsprozesses an Gesamt-Bausumme

Eine Weiterbetrachtung der Einspareffekte in der Aufstellung der Lebenszykluskosten und der daraus resultierenden Monatsmiete wird im Kapitel 9 vorgenommen. Dabei ergeben sich die beiden Betrachtungsvarianten einer konventionellen und der optimierten Planungsleistung.

Potentialabschätzung Bauherr (Kowo)

Mit allen Praxispartnern fanden jeweils Workshops zur Ermittlung von Kostenpotentialen statt. Dabei sollten mögliche Einspareffekte durch die Bedienung eines Gebäude-Konfigurators, welcher auf einen Systembaukasten zurückgreift identifiziert werden.

Da Rohdaten aus aktuellen Neubauprojekten bei KoWo nicht vorlagen, wurden aus einem Nicht-Wohnungsbau (Schulprojekt) Daten recherchiert, die einen Vergleich zwischen Bauherrenaufgaben bei Fremderledigung und Eigenerledigung (der Planung) ermöglichen. Die Fremderledigungsvariante entspricht dabei der konventionellen Bebauung. Die Aussagen zur Eigenerledigung entsprechen ggf. einem Indikator der Beschaffung fertiger serieller Produkte – über beispielsweise die Bedienung eines Gebäude-Konfigurators.

Es ergab sich aus dieser Betrachtung eine Verschiebung der Baunebenkosten vonseiten der externen Architekten und Ingenieurleistungen hin zum Aufgabengebiet der Wohnungsgesellschaft.

Der ermittelte Anteil extern vergebener Baunebenkosten verschob sich dabei von konventionellen 22,76% auf 10,62%. Die externen Dienstleistungen, welche meist teurer sind, sinken somit signifikant.

9 Lebenszykluskostenanalyse und Ökobilanz Systembaukasten

Johannes Gantner, Rafael Gramm

9.1 Allgemein – Fragestellung/Problemstellung

Ziel einer nachhaltigen Entwicklung und eines nachhaltigen Handelns ist das Finden einer bestmöglichen Lösung zwischen verschiedenen Anforderungen, ebenso wie das Identifizieren echter Lösungen – im Gegensatz zum bloßen Verlagern von Problemen dem sogenannter Shift-of-burdens.

Um dieses Prinzip zu verfolgen, dürfen nicht nur einzelne Aspekte eines Produktes, einzelne Prozesse oder Technologien betrachtet werden, sondern Produkte, Systeme und Dienstleistungen müssen über den gesamten Lebensweg optimiert werden. Nur dadurch ist es möglich eine Verlagerung von Aufwänden zwischen verschiedenen Lebenszyklusphasen oder Anforderungen zu vermeiden. So kann beispielsweise bei Gebäuden der Fokus auf der Optimierung der Nutzungsphase dazu führen, dass die Umweltwirkungen verbunden mit der Herstellung der Baumaterialien (z.B. Wärmedämmung) die potentiellen Einsparungen über die Nutzungsphase übersteigen und somit keine echte Optimierung des Gesamtsystems stattfindet, sondern Lasten einfach verlagert werden.

Um dies zu vermeiden wurden im Forschungsprojekt neben der Berechnung des Energiebedarfs in der Nutzungsphase (EnEV Berechnung), die Umweltwirkungen (via Ökobilanz) und die Kosten (via Lebenszykluskostenberechnung) erfasst.

Da die Kosten eines noch zu entwickelnden Bauen-mit-Weitblick-Bausystems nicht vorhanden sind, wurde versucht auf Basis der beiden Praxispartner aus verschiedenen bereits existierenden Bausystemen einen möglichen Preiskorridor für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau abzuleiten. Dafür wurden die Kosten über die beiden Bausysteme aus Raummodulen und Flächenelementen gemittelt und zusätzlich je Bausystem ein möglicher Einsparkorridor abgeleitet, der sich durch Serienfertigung, entsprechende Abnahmemenge und durch die Anwendung digitaler Werkzeuge ergibt (siehe auch Kapitel 8).

9.2 Bewertungs- und Untersuchungsmethoden

a) EnEV

Die Nachweisführung der energetischen Qualität eines zu erstellen Gebäudes folgt analog vorangehender Kapitel am Beispiel der Referenzgebäude „Regelfall“ und „Suffizienz“ für die Bausysteme aus Raummodulen sowie aus Flächenelementen. Es soll damit geprüft werden, ob die geplanten Referenzgebäude den rechtlichen Vorgaben zur energetischen Leistung entsprechen.

Als Grundlage der energetischen Nachweisführung dienen die aktuellen Gesetzesbestimmungen und Normvorgaben nach der aktuellen Fassung Energieeinsparverordnung (EnEV) von Januar 2016. Diese verweist auf die Berechnungsgrundlagen der DIN-Normen DIN 4108-6 und DIN 4701-10. Außerdem werden die Bestimmungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) bei den jeweiligen Gebäudebetrachtungen berücksichtigt.

Die Nachweisführung im vorliegenden Forschungsvorhaben geschieht mithilfe der Software ZUB Helena® Ultra, ein umfangreiches Energieberatungsprogramm für Fachleute zur Gebäudeenergieberatung, sowie für EnEV-Nachweise. Die Software verfügt außerdem über die Funktion eines Nachweises der Konformität mit dem EEWärmeG.

Die EnEV-Nachweise sind nicht alleine als Kontroll-Instanz verstehen, sondern als koordinative Schnittstelle zur Prüfung der Planungsstände und damit als Teil eines iterativen Planungsvorgangs. Die EnEV-Berechnungen interagieren vor allem mit der Planung der Technischen Gebäudeausrüstung aus Kapitel 7.6. Gilt es beispielsweise, einen verbesserten Transmissionswärmebedarf oder einen niedrigeren Primärenergiebedarf zu erzielen, so kann auf Basis der EnEV-Nachweise eine gezielte Anpassung der Bausysteme bzw. der TGA vorgenommen werden.

Der energetische Nachweis dient ebenfalls als Schnittstelle zwischen Bausystem und technischer Ausstattung. Die für die energetische Bilanzierung notwendigen Eingaben entstammen dabei zukünftig aus einem BIM-Modell im Gebäude-Konfigurator und resultieren in einem EnEV-Nachweis. Dieser wiederum verweist auf anzupassende Größen wie Dämmstärke, PV- oder Solarthermie-Nutzung, o.Ä. Ein exemplarischer Vorgang wurde im Rahmen des Forschungsprojekts anhand der Referenzgebäude beider Bausysteme durchgeführt.

b) LCC

Die LCC-Analyse zielt darauf ab, die Kosten über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes zu erfassen und zu einem bewussten Umgang mit wirtschaftlichen Ressourcen über einen langen Zeitraum anzuregen. Die beschriebenen Bausysteme werden über den gesamten Lebenszyklus hinsichtlich der Kosten betrachtet und mögliche Vorteile einer industriellen Produktion und Vorfertigung werden mit Blick auf Kostenoptimierungspotentiale durch Serienfertigung dargestellt. Durch die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes von der Herstellung über die Instandsetzung und Nutzung bis hin zum Lebensende soll der sogenannte Shift-of-Burdens vermieden werden. Dieser bezeichnet den Trugschluss der scheinbaren Kosteneinsparung durch eine Einzelmaßnahme, die an anderer Stelle Mehrkosten verursacht und dadurch möglicherweise zu insgesamt steigenden Kosten führt. Beispielsweise kann es durch massive Einsparungen bei der Erstellung des Gebäudes zu höheren Kosten während des Betriebes kommen. Um dies zu vermeiden, werden die Kosten mit Hilfe einer LCC-Berechnung über den gesamten Lebenszyklus erfasst und dargestellt.

Die Lebenszykluskostenrechnung ist eine Methode zur Berechnung der Gesamtkosten, die während der gesamten Lebensdauer eines Produkts auftreten. Die Kosten werden entlang der einzelnen Phasen eines Produktes während seines Lebenszyklus von der Wiege bis zur Bahre („Cradle-to-Grave“) betrachtet. Das bedeutet, dass alle Kosten der Lebenszyklusphasen, der Herstellung, der Nutzung und des Lebensendes berücksichtigt werden. Die hier vorgenommene Lebenszykluskostenrechnung folgt der Kapitalwertmethode. Hierbei werden die Kosten, die sich über einen festgelegten Zeitraum darstellen, auf das Basisjahr bezogen und als Kapitalwert dargestellt. Die Kapitalwertmethode ermöglicht es, unterschiedliche Kosten-Zeit-Verläufe miteinander zu vergleichen und ermöglicht so eine Abwägung von anfänglichen Aufwendungen und späteren Folgekosten. In der Methode werden Preisentwicklungen und der Kalkulationszinssatz berücksichtigt.

Die berücksichtigten Kostengruppen sind unten aufgeführt. Die berechneten Kosten werden auf die Wohnfläche (WF) bezogen.

Mit Hilfe der Lebenszykluskostenrechnung wird der Nachweis erbracht, ob das projektinterne, gesetzte Kostenziel von 1200 €/m² WF brutto für die Kostengruppen 300, 400 und 700 erreicht wird.

c) LCA

Die Ökobilanz (engl. auch LCA – Life Cycle Assessment) ist eine systematische Analyse der Umweltwirkungen von Produkten, Verfahren oder Dienstleistungen während des gesamten Lebensweges („von der Wiege bis zur Bahre“). Dazu gehören Umweltwirkungen, die während der Produktion, der Nutzungsphase und der Entsorgung, sowie die damit verbundenen vor- und nachgeschalteten Prozesse (z. B. Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe) entstehen. Die Methode der Ökobilanz kann als Tool für umweltorientierte Entscheidungen herangezogen werden. Anwendungsbereiche lassen sich in der Entwicklung und der Verbesserung von Produkten, im Rahmen strategischer Planung, bei politischen Entscheidungsprozessen und im Marketing finden.

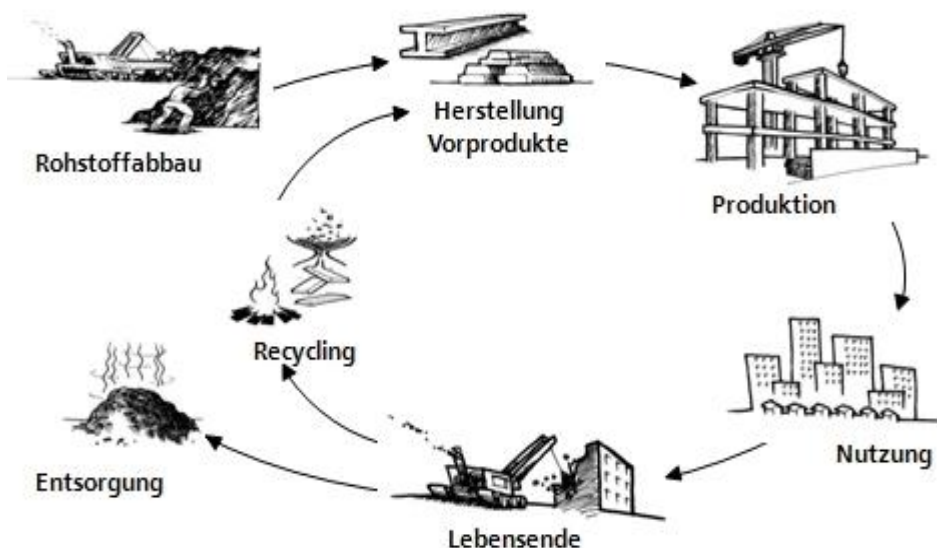


Abbildung 167 Darstellung des Gebäudelebenszyklus

Bei der Berechnung einer Ökobilanz für ein Gebäude werden üblicherweise die Umweltwirkungen je Wirkungskategorie für die Herstellung, die Erneuerung, die Nutzung und den Rückbau bzw. die Entsorgung des Gebäudes addiert und durch die Nettogeschossfläche sowie die Zeitspanne des Gebäudelebenszyklus (derzeit werden 50 Jahre angenommen) dividiert. Die Ergebnisse repräsentieren also die durchschnittlichen jährlichen Umweltwirkungen pro m² Wohnfläche.

9.3 Ermittlung und Identifikation von Randbedingungen

a) EnEV

Die für den EnEV-Nachweis relevanten Parameter resultieren aus der Referenzgebäude-Planung aus Kapitel 5.4 sowie aus der Planung der Technischen Gebäudeausrüstung aus Kapitel 7.6.

Es fließen in die Berechnung die folgenden, in Tabelle 22 dargestellten Randbedingungen ein:

Tabelle 22 Randbedingungen der EnEV-Nachweisführung

Kategorien	Eingabewerte
Gebäude-Ausrichtung, Geometrie, Flächen, Bauteile	Referenzgebäude Bausystem Flächenelemente und Bausystem Raummodule Variante „Regelfall“ und „Suffizienz“
Technische Gebäudeausrüstung	Referenzgebäude Bausystem Flächenelemente und Bausystem Raummodule Variante „Regelfall“ und „Suffizienz“ Varianten Gas, Fernwärme und PV-Strom

b) LCC

Für die Lebenszykluskostenrechnung ist die Dokumentation der verwendeten Annahmen und Rahmenbedingungen von entscheidender Bedeutung, da die Ergebnisse und die darauf basierenden Aussagen und Schlussfolgerungen von diesen stark beeinflusst werden. Vor allem der gewählte Diskontierungssatz und der Betrachtungszeitraum wirken sich stark auf das Ergebnis aus. Auf Grund dessen werden diese Parameter variiert und bei der Interpretation der Ergebnisse mitberücksichtigt. Tabelle 23 fasst die wichtigsten Grundannahmen zusammen.

Tabelle 23 Definition der Grundannahmen der Lebenszykluskostenrechnung [9.1]

Grundannahmen	Festlegung
Diskontierungszinssatz	5,5%; Sensitivitätsanalyse mit Variation auf 3,5% und 1,5%
Betrachtungszeiträumen	50 Jahre; Sensitivitätsanalyse mit Variationen auf 15 bzw. 35 Jahre
Energiepreissteigerung (konventionell)	4,0% pro Jahr
Energiepreissteigerung (erneuerbar)	4,0% pro Jahr
Baupreissteigerung (allg. Preissteigerung)	2,0% pro Jahr
Mehrwertsteuer	Kosten inklusive Mehrwertsteuer

Tabelle 24 fasst die betrachteten Kostenarten und Kostengruppen zusammen. Bei der detaillierten Festlegung der Kosten wird hierbei auf [9.1] und [9.2] zurückgegriffen.

Tabelle 24 Betrachtete Kostenarten und Kostengruppen

Kostenarten und Kostengruppen	Bemerkung
KG100	nicht erfasst
KG200 Herrichten und Erschließen	nicht erfasst
KG300 Baukonstruktion	erfasst
KG 311 Baugrubenerstellung	erfasst
KG 312 Baugrubenumschließung	nicht erfasst
KG 313 Wassererhaltung	erfasst
KG 319 Baugrube, sonstiges	erfasst
KG 321 Baugrundverbesserung	nicht erfasst
KG 322 Flachgründung	erfasst
KG 323 Tiefgründung	nicht erfasst
KG 324 Unterböden und Bodenplatten	erfasst
KG 325 Bodenbeläge	erfasst
KG 326 Bauwerksabdichtung	erfasst
KG 327 Dränagen	nicht erfasst
KG 329 Gründung, sonstiges	erfasst

Kostenarten und Kostengruppen	Bemerkung
KG 331 Tragende Außenwand	erfasst
KG 332 Nichttragende Außenwand	erfasst
KG 333 Außenstützen	nicht erfasst
KG 334 Außentüren und -fenster	erfasst
KG 335 Außenwandbekleidungen, außen	erfasst
KG 336 Außenwandbekleidungen, innen	erfasst
KG 337 Elementierte Außenwände	nicht erfasst
KG 338 Sonnenschutz	erfasst
KG 339 Außenwände, sonstiges	erfasst
KG 341 Tragende Innenwände	erfasst
KG 342 Nichttragende Innenwände	erfasst
KG 343 Innenstützen	nicht erfasst
KG 344 Innentüren und -fenster	erfasst
KG 345 Innenwandbekleidungen	erfasst
KG 346 Elementierte Innenwände	nicht erfasst
KG 349 Innenwände, sonstiges	erfasst
KG 351 Deckenkonstruktionen	erfasst
KG 352 Deckenbeläge	erfasst
KG 353 Deckenbekleidungen	erfasst
KG 359 Decken, sonstiges	nicht erfasst
KG 361 Dachkonstruktionen	erfasst
KG 362 Dachfenster, Dachöffnungen	erfasst
KG 363 Dachbeläge	erfasst
KG 364 Dachbekleidungen	erfasst
KG 369 Dächer, sonstiges	erfasst
KG 371 Allgemeine Einbauten	nicht erfasst
KG 372 Besondere Einbauten	nicht erfasst
KG 379 Baukonstruktive Einbauten, sonstiges	nicht erfasst
KG 391 Baustelleneinrichtung	erfasst
KG 392 Gerüste	erfasst
KG 393 Sicherungsmaßnahmen	nicht erfasst
KG 394 Abbruchmaßnahmen	nicht erfasst
KG 395 Instandsetzungen	nicht erfasst
KG 396 Materialentsorgung	nicht erfasst
KG 397 Zusätzliche Maßnahmen	nicht erfasst
KG 398 Provisorische Baukonstruktionen	nicht erfasst
KG 399 Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen, sonstiges	erfasst
KG400 technische Anlagen	erfasst
KG 411 Abwasseranlagen	erfasst

Kostenarten und Kostengruppen	Bemerkung
KG 412 Wasseranlagen	erfasst
KG 413 Gasanlagen	nicht erfasst
KG 419 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen, sonstiges	nicht erfasst
KG 421 Wärmeerzeugungsanlagen	erfasst
KG 422 Wärmeverteilnetze	erfasst
KG 423 Raumheizflächen	erfasst
KG 429 Wasserversorgungsanlagen, sonstiges	nicht erfasst
KG 431 Lüftungsanlagen	erfasst
KG 432 Teilklimaanlagen	nicht erfasst
KG 433 Klimaanlagen	nicht erfasst
KG 434 Kälteanlagen	nicht erfasst
KG 439 Lufttechnische Anlagen, sonstiges	nicht erfasst
KG 441 Hoch- und Mittelspannungsanlagen	nicht erfasst
KG 442 Eigenstromversorgungsanlagen	nicht erfasst
KG 443 Niederspannungsschaltanlagen	nicht erfasst
KG 444 Niederspannungsinstallationsanlage	Erfasst
KG 445 Beleuchtungsanlage	Erfasst
KG 446 Blitzschutz- und Erdungsanlagen	erfasst
KG 449 Starkstromanlagen, sonstiges	nicht erfasst
KG 451 Telekommunikationsanlage	nicht erfasst
KG 452 Such- und Signalanlagen	nicht erfasst
KG 453 Zeitdienstanlagen	nicht erfasst
KG 454 Elektroakustische Anlagen	nicht erfasst
KG 455 Fernseh- und Antennenanlagen	nicht erfasst
KG 456 Gefahrenmelde- und Alarmanlagen	erfasst
KG 457 Übertragungsnetze	erfasst
KG 459 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen, sonstiges	nicht erfasst
KG 461 Aufzugsanlagen	erfasst
KG 462 Fahrtreppen, Fahrsteige	nicht erfasst
KG 463 Befahranlagen	nicht erfasst
KG 464 Transportanlagen	nicht erfasst
KG 465 Krananlagen	nicht erfasst
KG 469 Förderanlagen, sonstiges	nicht erfasst
KG 471 Küchentechnische Anlagen	nicht erfasst
KG 473 Medienversorgungsanlagen	nicht erfasst
KG 474 Medizin- und labortechnische Anlagen	nicht erfasst
KG 475 Feuerlöschanlagen	nicht erfasst
KG 476 Badetechnische Anlagen	nicht erfasst
KG 477 Prozesswärme-, kälte- und -luftanlagen	nicht erfasst

Kostenarten und Kostengruppen	Bemerkung
KG 478 Entsorgungsanlagen	nicht erfasst
KG 479 Nutzungsspezifische Anlagen, sonstiges	nicht erfasst
KG 481 Automationssysteme	nicht erfasst
KG 482 Schaltschränke	nicht erfasst
KG 483 Management- und Bedieneinrichtungen	nicht erfasst
KG 484 Raumautomationssysteme	nicht erfasst
KG 485 Übertragungsnetze	nicht erfasst
KG 489 Gebäudeautomation, sonstiges	nicht erfasst
KG 491 Baustelleneinrichtung	nicht erfasst
KG 492 Gerüste	nicht erfasst
KG 493 Sicherungsmaßnahmen	nicht erfasst
KG 494 Abbruchmaßnahmen	nicht erfasst
KG 495 Instandsetzungen	nicht erfasst
KG 496 Materialentsorgung	nicht erfasst
KG 497 Zusätzliche Maßnahmen	nicht erfasst
KG 498 Provisorische technische Anlagen	nicht erfasst
KG 499 Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen, sonstiges	nicht erfasst
KG500	nicht erfasst
KG600	nicht erfasst
KG700 Baunebenkosten	erfasst
KG 711 Projektleitung	nicht erfasst
KG 712 Bedarfsplanung	nicht erfasst
KG 713 Projektsteuerung	nicht erfasst
KG 719 Bauherrenaufgaben, sonstiges	nicht erfasst
KG 721 Untersuchungen	nicht erfasst
KG 722 Wertermittlungen	nicht erfasst
KG 723 Städtebauliche Leistungen	nicht erfasst
KG 724 Landschaftsplanerische Leistungen	nicht erfasst
KG 725 Wettbewerbe	nicht erfasst
KG 729 Vorbereitung der Objektplanung, sonstiges	nicht erfasst
KG 731 Gebäudeplanung	erfasst
KG 732 Freianlagenplanung	nicht erfasst
KG 733 Planung der raumbildenden Ausbauten	nicht erfasst
KG 734 Planung der Ingenieurbauwerke und Verkehrsanlagen	nicht erfasst
KG 735 Tragwerksplanung	erfasst
KG 736 Planung der technischen Ausrüstung	erfasst
KG 739 Architekten- und Ingenieurleistungen, sonstiges	erfasst
KG 741 Thermische Bauphysik	erfasst
KG 742 Schallschutz und Raumakustik	erfasst

Kostenarten und Kostengruppen	Bemerkung
KG 743 Bodenmechanik, Erd- und Grundbau	nicht erfasst
KG 744 Vermessung	nicht erfasst
KG 745 Lichttechnik, Tageslichttechnik	nicht erfasst
KG 746 Brandschutz	erfasst
KG 747 Sicherheits- und Gesundheitsschutz	nicht erfasst ²
KG 748 Umweltschutz, Altlasten	nicht erfasst
KG 749 Gutachten und Beratung, sonstiges	erfasst
KG 751 Kunstwettbewerbe	nicht erfasst
KG 752 Honorare	nicht erfasst
KG 759 Künstlerische Leistungen, sonstiges	nicht erfasst
KG 761 Finanzierungsbeschaffung	nicht erfasst
KG 762 Fremdkapitalzinsen	nicht erfasst
KG 763 Eigenkapitalzinsen	nicht erfasst
KG 769 Finanzierungskosten, sonstiges	nicht erfasst
KG 771 Prüfung, Genehmigungen, Abnahmen	nicht erfasst ²
KG 772 Bewirtschaftungskosten	nicht erfasst
KG 773 Bemusterungskosten	nicht erfasst
KG 774 Betriebskosten nach der Abnahme	nicht erfasst
775 Versicherungen	nicht erfasst
KG 779 Allgemeine Baunebenkosten, sonstiges	nicht erfasst
KG 790 Sonstige Baunebenkosten	nicht erfasst
Wartungskosten	für die KG300 und KG400
Instandhaltungskosten	für die KG300 und KG400
Instandsetzungskosten	für die KG300 und KG400 (siehe Tabelle XXX)
Jährliche Energiekosten	erfasst
Jährliche Kosten Nutzerstrom	erfasst
Jährliche Wasser-/ Abwasserkosten	nicht erfasst
Reinigungskosten	nicht erfasst
Kosten für Abbruch	nicht erfasst

Abweichend zu den Festlegungen nach [9.2] wurden die Wasser-, Abwasser- und Reinigungskosten nicht betrachtet.

² Bei Bausystem Raummodule nicht erfasst, bei Bausystem Flächenelemente erfasst

Auf Grund der Datenbasis wurden die Wartungs-, Instandsetzungs- und Instandhaltungskosten gemäß den in [9.2] genannten, vereinfachten Berechnungsverfahren als jährlicher Prozentsatz bezogen auf die Herstellkosten berechnet.

Tabelle 25 Wartung, Inspektion und Instandhaltungsaufwand KG300 und KG400 nach BNB

KG	Wartung und Inspektion in % der Herstellkosten pro Jahr	Laufende Instandsetzung in % der Herstellkosten pro Jahr
300	0,10%	1,0%
410	0,70%	0,55%
420	0,90%	0,50%
430	2,05%	2,40%
440	1,25%	0,65%
450	0,25%	0,70%
460	2,05%	1,10%
470	1,60%	1,40%
480	1,00%	1,50%

Tabelle 26 Kostenkennwerte für die Betriebsmittel nach DESTATIS

Betriebsmittel	Kosten
Erdgas	7,06 € Cent/kWh
Fernwärme ³	8,33 € Cent/kWh
Strom (Haushalt)	29,16 € Cent/kWh
Strom Wärmepumpe	24,71 € Cent/kWh
PV Einspeisevergütung	11,39 € Cent/kWh

³ Quelle: Stadtwerke Erfurt

c) LCA

Die Ökobilanzen der Projektgebäude in der Phase „Herstellung“ umfassen die Herstellung von Rohbau und Ausbau; erfasste Bauteile werden nach DIN 276 gegliedert und umfassen die Kostengruppen 300 und 400. Einbezogen werden alle Materialien mit einer Masse größer als 1% der Gesamtmasse des Gebäudes oder mit mehr als 1% des Primärenergiebedarfs oder des GWP.

Für die Bilanzierung der Nutzungsphase werden Endenergiebedarf, Strom und Wärme anhand einer EnEV-Berechnung nach DIN V 18599 ermittelt. Anhand von Datensätzen aus der Ökobaudat-Datenbank werden je nach Wärmeerzeugungsart im Gebäude die aus dem Energiebedarf entstehenden Umweltauswirkungen berechnet; ähnliches gilt für den Strombedarf.

Für alle Bauteile, deren Nutzungsdauer kürzer ist als die des Gesamtgebäudes, werden entsprechend der Lebensdauer des Bauteils Erneuerungen eingeplant und mit bilanziert.

Bei der Bilanzierung des Lebensendes des Gebäudes werden alle Materialien in die folgenden Materialgruppen eingeteilt, deren Verwertung bzw. Entsorgung getrennt betrachtet wird:

- Metalle zur Verwertung,
- Mineralische Baustoffe zur Verwertung,
- Materialien zur thermischen Verwertung,
- Materialien, die nur auf Deponien abgelagert werden.

[DGNB NWO15 V16].

Die Bilanzierung im Rahmen dieses Projekts fand statt mithilfe des Bilanzierungstools SBS Building Sustainability; Datengrundlage ist die öffentlich verfügbare Datenbank Ökobaudat. Angaben zu den verbauten Materialien und deren Massen wurden von den Projektpartnern zur Verfügung gestellt.

Bezugsgröße der Ökobilanzen ist jeweils 1m² Wohnfläche (Wf).

Abweichend zu den Randbedingungen nach NaWoh [9.1] wird der Nutzerstrom bei der Bilanzierung mitbetrachtet und die Gutschrift von Modul D einbezogen.

9.4 EnEV – Modell

Die Ergebnisse der EnEV-Kalkulation gliedern sich im Folgenden in den Primärenergiebedarf des EnEV-Referenzgebäudes und in die Primärenergiebedarfe verschiedener Versorgungsvarianten eines jeweils betreffenden Referenzgebäudes für die Bausysteme aus Raummodulen und aus Flächenelementen.

Es entscheiden sich sowohl die EnEV-Referenzgebäude der Bausystemhersteller aufgrund der etwas voneinander abweichenden Volumenkörper, als auch die entsprechenden energetischen Nachweise der geplanten Referenzgebäude.

Die Ergebnisse spiegeln immer auch einen Dialog mit der Planung der Technischen Gebäudeausrüstung aus Kapitel 7.6 dar. Eine punktgenaue EnEV-Konformität stellt dabei das Ergebnis eines iterativen Prozesses dar, der erforderlich war, um die TGA-Planung unter Kostengesichtspunkten zu optimieren.

9.4.1 Referenzgebäude Regelfall

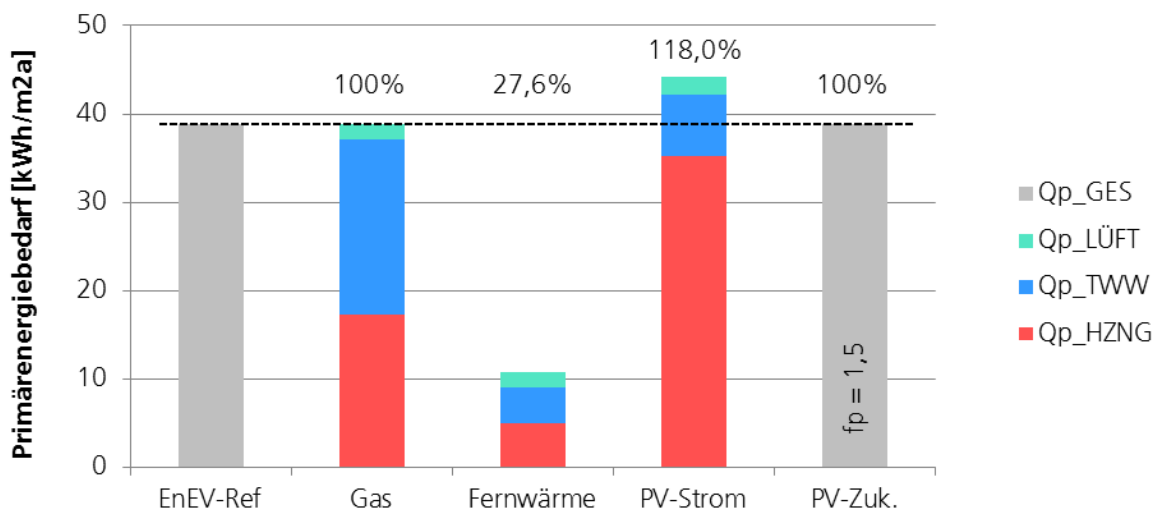


Abbildung 168 Ergebnisse der energetischen Bilanzierung für die Referenzgebäude „Regelfall“ des Bausystems aus Raummodulen

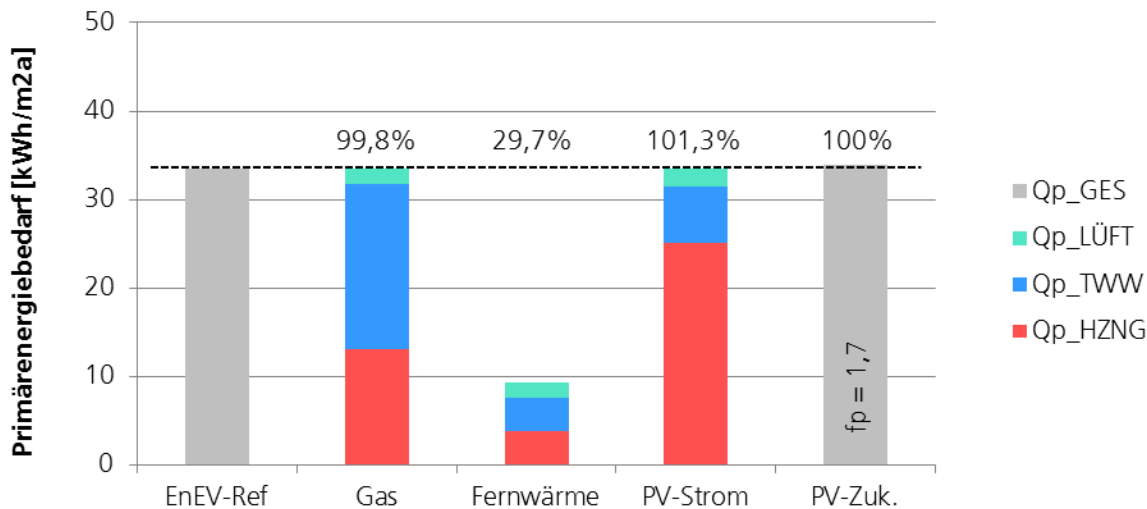


Abbildung 169 Ergebnisse der energetischen Bilanzierung für die Referenzgebäude „Regelfall“ des Bausystems aus Flächenelementen

Aus den dargestellten Abbildung 168 und Abbildung 169 darf interpretiert werden, dass die geplanten Gebäude und die technischen Varianten aus energetischer Sicht gesetzlich umsetzbar sind, wobei die Variante PV-Strom lediglich in einem „zukünftigen“ Szenario, mit einem Primärenergiefaktor für Strom von 1,5 (Bausystem Raummodule) bzw. 1,7 (Bausystem Flächenelemente) EnEV-konform ist.

Für die Versorgungsvariante Fernwärme gilt: Primärenergiefaktoren für die Nutzung von Fernwärme weichen innerhalb Deutschlands durch eine verschiedene Zusammensetzung der Wärmequellen erheblich voneinander ab. Die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes beziehen sich jedoch primär auf die potentiellen innerstädtischen Standorte für mehrgeschossigen Wohnungsbau in Deutschland. Für den oben dargestellten Nachweis wurde auf die Planung im Thüringischen Raum Bezug genommen und demnach wurde der Primärenergiefaktor für den IBA-Standort Erfurt von 0,17 gewählt. Der Anteil erneuerbarer Energien am Wärmemix beträgt dabei 5%.

Die etwas unerwartete Gewichtung des aufzuwendenden Primärenergiebedarfs für Trinkwarmwasser (TWW) und Heizung (HZNG) hat seinen Ursprung in der Eingabe von Wohnungsstationen in die Energieberatersoftware, wobei die solarthermischen Anlagen einen zentralen Pufferspeicher für Heizung und Trinkwarmwasser bespeisen.

Die Konformität mit den Anforderungen des EEWärmeG resultiert bei den verschiedenen Gebäudevarianten auf der Grundlage der in Tabelle 27 EEWärmeG-Konformität der verschiedenen „Regelfall“-Varianten genannten Regelungen

Tabelle 27 EEWärmeG-Konformität der verschiedenen „Regelfall“-Varianten

Referenzgebäude, Versorgungsvariante	EEWärmeG eingehalten auf Basis von
Bausystem Raummodule, Regelfall > Gas	Kollektorfläche Solarthermie und Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf
Bausystem Raummodule, Regelfall > Fernwärme	Niedriger Primärenergiebedarf und Anteil Biomasse bei Kraft-Wärme-Kopplung
Bausystem Raummodule, Regelfall > PV-Strom	Nutzung von Wärmepumpen und Anrechenbarkeit PV-Strom für Heizzwecke
Bausystem Flächenelemente, Regelfall > Gas	Kollektorfläche Solarthermie und Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf
Bausystem Flächenelemente, Regelfall > Fernwärme	Niedriger Primärenergiebedarf und Anteil Biomasse bei Kraft-Wärme-Kopplung
Bausystem Flächenelemente, Regelfall > PV-Strom	Nutzung von Wärmepumpen und Anrechenbarkeit PV-Strom für Heizzwecke

9.4.2 Referenzgebäude Suffizienz

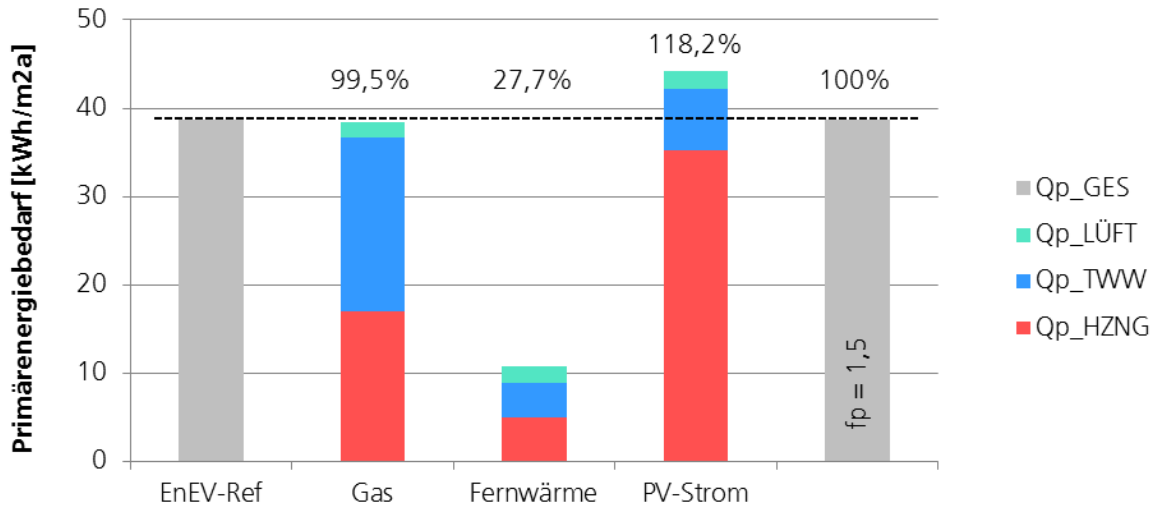


Abbildung 170 Ergebnisse der energetischen Bilanzierung für die Referenzgebäude „Suffizienz“ des Bausystems aus Raummodulen

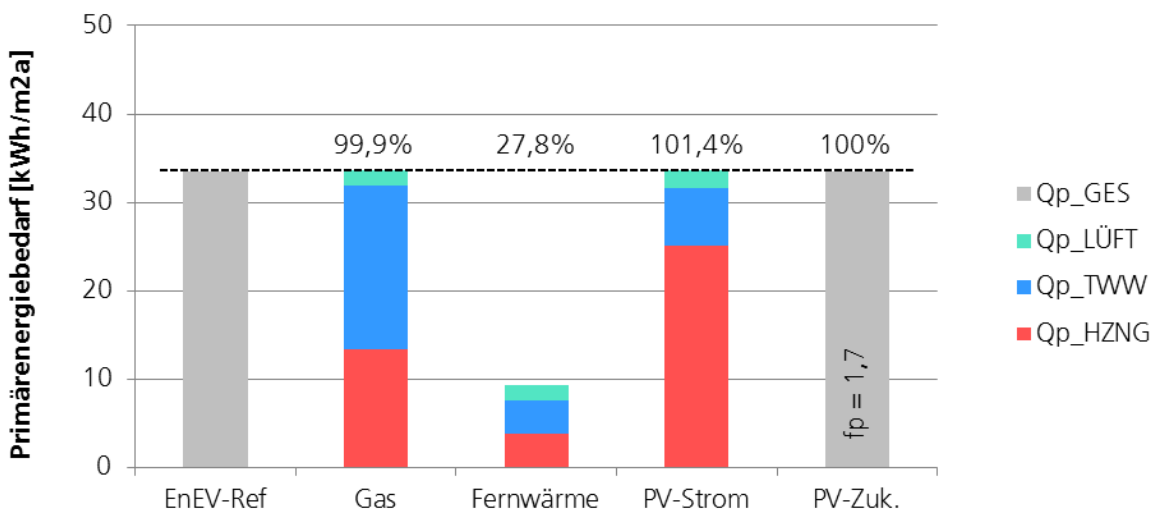


Abbildung 171 Ergebnisse der energetischen Bilanzierung für die Referenzgebäude „Suffizienz“ des Bausystems aus Flächenelementen

Aus den dargestellten Abbildung 170 und Abbildung 171 darf analog zum „Regelfall“ interpretiert werden, dass die geplanten Gebäude und die technischen Varianten aus energetischer Sicht gesetzlich umsetzbar sind, wobei die Variante PV-Strom lediglich bei einem Primärenergiefaktor für Strom von 1,5 (Bausystem Raummodule) bzw. 1,7 (Bausystem Flächenelemente) EnEV-konform ist.

Die etwas unerwartete Gewichtung des aufzuwendenden Primärenergiebedarfs für Trinkwarmwasser (TWW) und Heizung (HZNG) hat seinen Ursprung in der Eingabe von Wohnungsstationen in die Energieberatersoftware, wobei die solarthermischen Anlagen einen zentralen Pufferspeicher für Heizung und Trinkwarmwasser bespeisen.

Die Versorgungsvariante Fernwärme entspricht der oben genannten Erklärung.

Die Konformität mit den Anforderungen des EEWärmeG resultiert bei den verschiedenen Gebäudevarianten auf der Grundlage der in Tabelle 28 genannten Regelungen.

Tabelle 28 EEWärmeG-Konformität der verschiedenen „Regelfall“-Varianten

Referenzgebäude, Versorgungsvariante	EEWärmeG eingehalten auf Basis von
Bausystem Raummodule, Regelfall > Gas	Kollektorfläche Solarthermie und Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf
Bausystem Raummodule, Regelfall > Fernwärme	Niedriger Primärenergiebedarf und Anteil Biomasse bei Kraft-Wärme-Kopplung
Bausystem Raummodule, Regelfall > PV-Strom	Nutzung von Wärmepumpen und Anrechenbarkeit PV-Strom für Heizzwecke
Bausystem Flächenelemente, Regelfall > Gas	Kollektorfläche Solarthermie und Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf
Bausystem Flächenelemente, Regelfall > Fernwärme	Niedriger Primärenergiebedarf und Anteil Biomasse bei Kraft-Wärme-Kopplung
Bausystem Flächenelemente, Regelfall > PV-Strom	Nutzung von Wärmepumpen und Anrechenbarkeit PV-Strom für Heizzwecke

9.5 Lebenszykluskostenrechnung (LCC)

Nachfolgend werden für die oben beschriebenen Varianten und Referenzgebäude die jeweiligen Herstellkosten und Lebenszykluskosten ermittelt. Dabei werden Kosten der beiden Bausysteme zu einem Mittelwert zusammengefasst. Die Einsparpotentiale durch Serienfertigung wurden auf Einschätzung der jeweiligen Firmen bezogen auf Prozessschritte und je Kostengruppe ermittelt. Diese möglichen, zukünftigen Einsparungen werden als Variante „Potential“ ebenfalls als Mittelwert dargestellt.

9.5.1 Referenzgebäude Regelfall

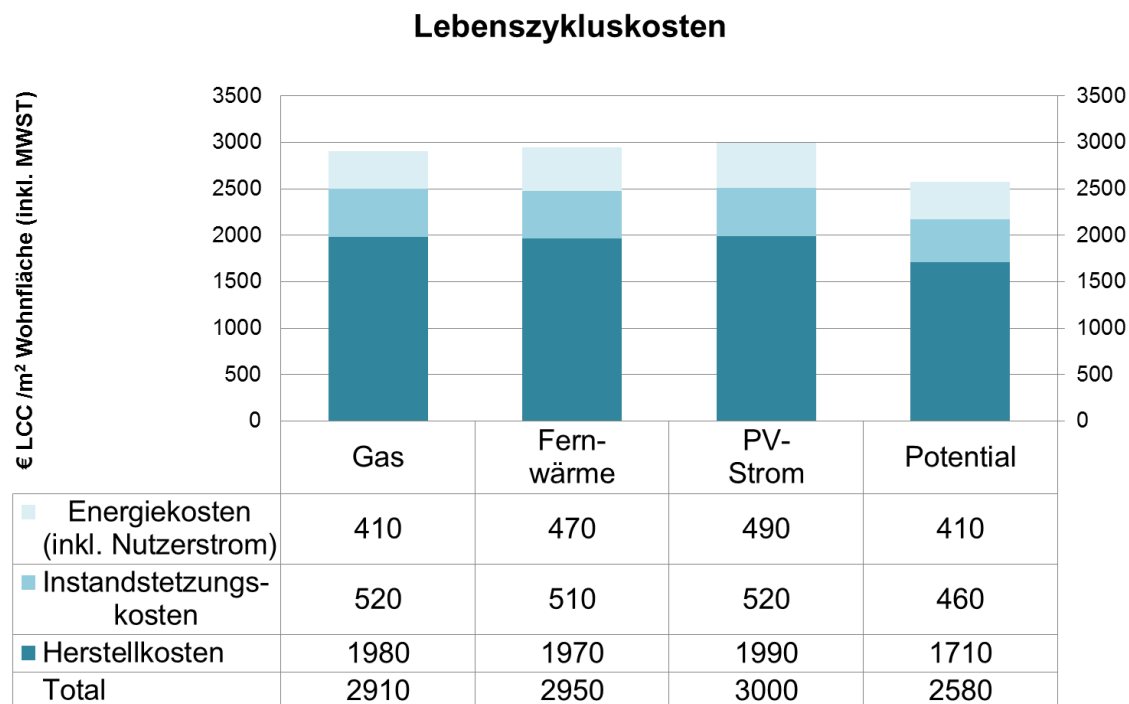


Abbildung 172 Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für das Referenzgebäude „Regelfall“, aufgeteilt in die Herstell-, Instandsetzungs- und Energiekosten

In Abbildung 172 sind die Lebenszykluskosten pro m² Wohnfläche für einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren und einer Diskontierungsrate von 5,5% dargestellt.

Die Berechnung der Lebenszykluskosten der verschiedenen Varianten des Referenzgebäudes „Regelfall“ ergab, dass die meisten Kosten während der Herstellungsphase entstehen. Durch Skaleneffekte können diese jedoch gesenkt werden, wodurch sich die verminderten Kosten der Variante „Potential“ ergeben. Des Weiteren erreicht die Variante „Gas“ niedrigere Lebenszykluskosten als die Varianten mit Fernwärme- und PV- Stromversorgung.

Die Ergebnisse bei der Variante PV- Strom sind sehr abhängig von den gewählten Rahmenbedingungen. Besonders folgende Faktoren beeinflussen das Ergebnis:

- Anteil eigengenutzter Strom (gewählt: 50% der erzeugten Strommenge)
- Anteil Einspeisung (gewählt: 50% der erzeugten Strommenge)
- Anlagenschemata (z.B. Stromspeicherung, Heizstab, etc.)
- Szenario für Energiepreissteigerung (gewählt: 4%/Jahr)
- Szenario für Einspeisevergütung (gewählt: konstant 11,39 € Cent/kWh ohne Preissteigerung/ -minderung)

Je nach Festlegung der Rahmenbedingungen können sich Änderungen ergeben.

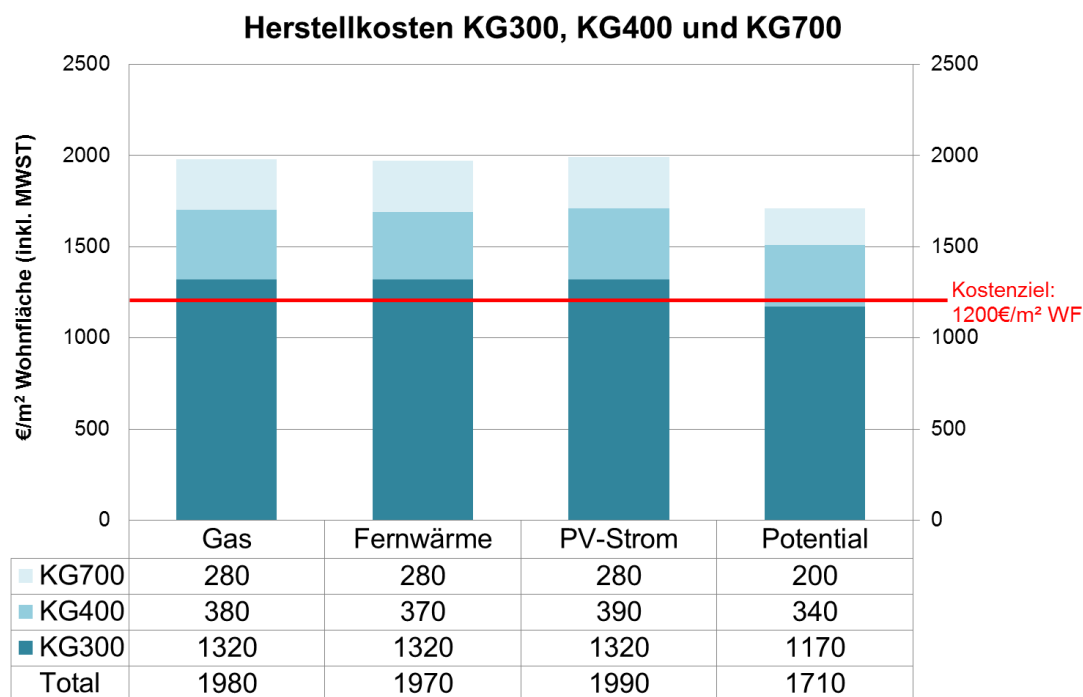


Abbildung 173 Herstellkosten für das Referenzgebäude „Regelfall“, aufgeteilt in die Kostengruppen 300, 400 und 700

Die Herstellkosten der jeweiligen Bausysteme sind natürlich sehr stark abhängig von der jeweiligen Gebäudeform, Standard und Bauort. Abbildung 173 stellt die Herstellkosten für die Kostengruppen 300, 400 und 700 inklusive Mehrwertsteuer für die verschiedenen anlagentechnischen Varianten dar. Die Variante „Potential“ stellt mögliche Einsparungen durch Serienfertigung dar. Die rote Linie zeigt das projektintern gesetzte Kostenziel von 1200€/m² WF für die genannten Kostengruppen.

Die Kostengruppe 300 stellt mit ca. 66% den größten Anteil der Kosten dar, gefolgt von den Kosten für die Anlagentechnik (KG400) und den Planungskosten (KG700). Die einzelnen anlagentechnischen Varianten unterscheiden sich nur wenig (siehe KG400). Gegenüber der Gasvariante sinken die Kosten für die Variante FW auf Grund der etwas günstigeren Kosten der Fernwärmanlage leicht ab. Bei der PV Stromvariante sind die Investitionskosten etwas höher auf Grund der zusätzlichen PV Anlage.

Das Kostenziel, Herstellkosten von unter 1200 €/m² zu erreichen, wurde in keiner Variante erfüllt. Auch die Variante „Potential“ erreicht dieses Kostenziel noch nicht, aber es zeichnen sich große Einsparmöglichkeiten in der KG300 und KG700 ab. Die Einsparungen in der Kostengruppe 300 sind hauptsächlich auf Optimierungsmöglichkeiten der Fertigung bei baugleicher/ -ähnlicher Serienfertigung zurückzuführen und weniger auf Einsparmöglichkeiten im Verkauf auf Grund höherer Abnahmemengen. Großen Einsparpotential wird vor allem aber bei den Planungskosten identifiziert. Bei baugleicher/ -ähnlicher Serienfertigung können diese drastisch reduziert werden. Hierzu würden Kosten beim Bauherren zählen (z.B. Aufwand Bedarfsplanung, etc.) die sich stark reduzieren oder vollständig entfallen. Die Bauherrenkosten sind allerdings sehr divers und wurden bei der Darstellung nicht betrachtet.

9.5.2 Referenzgebäude Suffizienz

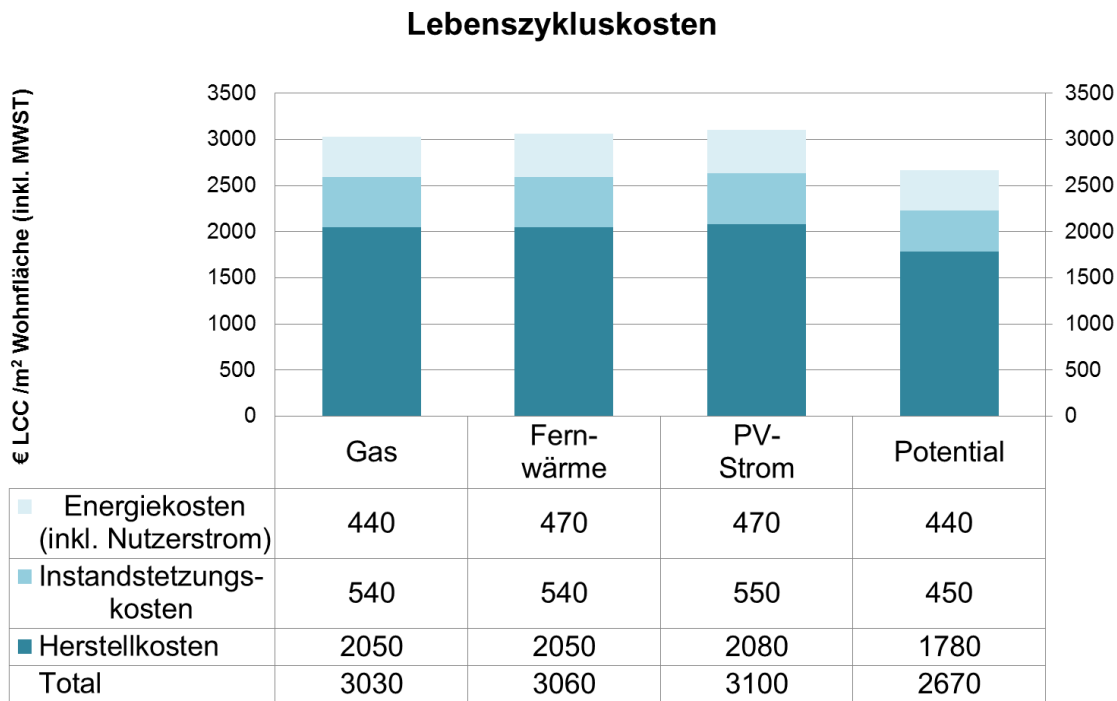


Abbildung 174 Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für das Referenzgebäude „Suffizienz“, aufgeteilt in die Herstell-, Instandsetzungs- und Energiekosten

In Abbildung 174 sind die Lebenszykluskosten pro m² Wohnfläche für einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren und einer Diskontierungsrate von 5,5% dargestellt. Bei der Betrachtung der Lebenszykluskosten des Referenzgebäudes „Suffizienz“ ist darauf zu achten, dass sich die Wohnfläche (WF) durch den Wegfall der Balkone reduziert. Auf Grund dessen scheinen die Lebenszykluskosten im direkten Vergleich zum Referenzgebäude „Regelfall“ leicht erhöht, obwohl die Absolutwerte sehr annähernd gleich sind. Auf Grund der höheren Personenanzahl des Referenzgebäudes „Suffizienz“ im Vergleich zum Referenzgebäude „Regelfall“ ist der Nutzerstrombedarf erhöht. Dies schlägt sich in den erhöhten Energiekosten nieder.

Die Berechnung der Lebenszykluskosten der verschiedenen Varianten des Referenzgebäudes „Suffizienz“ ergab, dass die meisten Kosten während der Herstellungsphase entstehen. Durch Skaleneffekte können diese jedoch gesenkt werden, wodurch sich die verminderten Kosten der Variante „Potential“ ergeben. Des Weiteren erreicht die Variante „Gas“ niedrigere Lebenszykluskosten als die Varianten mit Fernwärme- und PV- Stromversorgung.

Herstellkosten KG300, KG400 und KG700

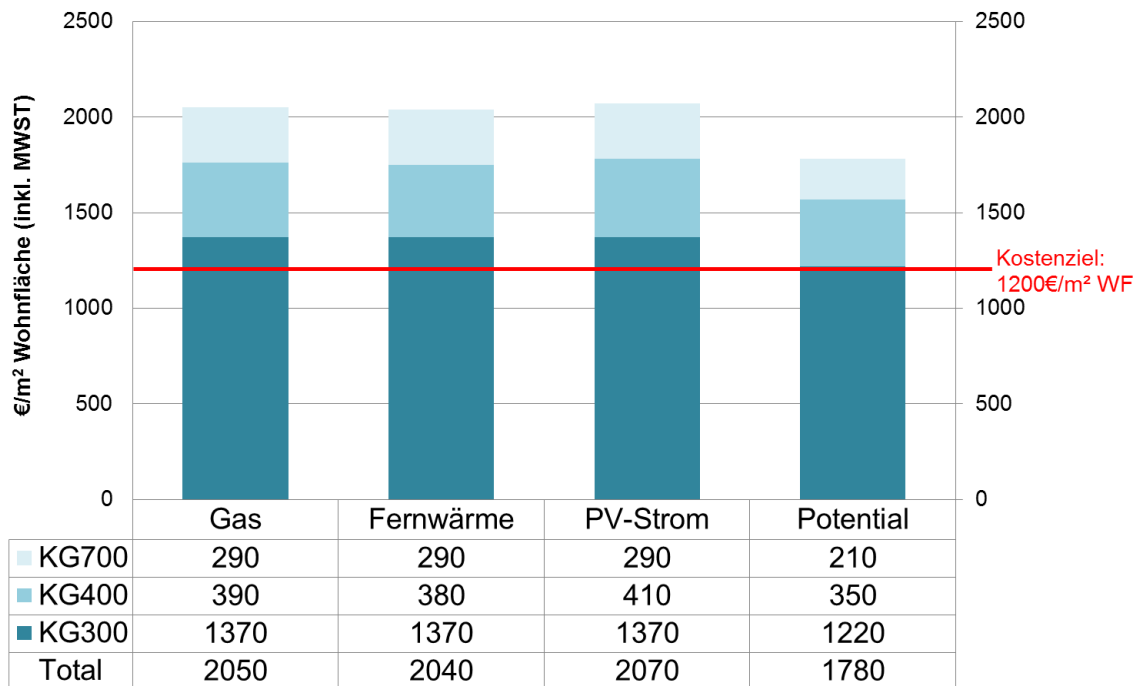


Abbildung 175 Herstellkosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für das Referenzgebäude „Suffizienz“, aufgeteilt in die Kostengruppen 300, 400 und 700

Wie oben erwähnt, ist bei der Betrachtung der Herstellkosten des Referenzgebäudes „Suffizienz“ darauf zu achten, dass sich die Wohnfläche (WF) durch den Wegfall der Balkone reduziert. Auf Grund dessen scheinen die Herstellkosten im direkten Vergleich zum Referenzgebäude „Regelfall“ leicht erhöht, obwohl die Absolutwerte sehr annähernd gleich sind. Abbildung 175 stellt die Herstellkosten für die Kostengruppen 300, 400 und 700 inklusive Mehrwertsteuer für die verschiedenen anlagentechnischen Varianten dar. Die Variante „Potential“ stellt mögliche Einsparungen durch Serienfertigung dar. Die rote Linie zeigt das projektintern gesetzte Kostenziel von 1200 €/m² WF für die genannten Kostengruppen.

Die Verteilung der Kosten ist analog des Referenzgebäudes „Regelfall“. Die Kosten der Kostengruppe 340 (Innenwände) steigen auf Grund der geänderten Raumaufteilung etwas an. Die anderen Anpassungen wie z.B. Anlagentechnik, Wegfall der Balkone ist eher untergeordnet. Der Einfluss der höheren Personenzahl beim Referenzgebäude „Suffizienz“ wird in der Sensitivitätsanalyse im Unterpunkt 9.5.5 Effekt Personenanzahl näher dargestellt.

9.5.3 Effekt Diskontierungsfaktor

Ein Diskontierungsfaktor ist notwendig, um Zahlungen, die in der Zukunft liegen, vergleichbar zu machen. Da Beträge durch Zinsen einen Wertzuwachs erhalten, sind sie umso höherwertig einzustufen, je früher man diese erhält. Umgekehrt haben Beträge, die erst in der Zukunft anfallen (z.B. Energiekosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten), aus heutiger Sicht einen geringeren Wert, als deren nominaler Betrag ausweist. Dieser geringere Wert wird mit Hilfe der finanzmathematischen Methode der Diskontierung ermittelt. Der anzusetzende Diskontierungsfaktor sollte dem langjährigen Mittel des Marktzinses entsprechen.

Neben den Zinseffekten unterliegen Preise einer kontinuierlichen Steigerung, was in der Inflationsrate ausgedrückt wird. Da die Nutzungskosten maßgeblich durch den Energieverbrauch beeinflusst werden, wird in den Berechnungen eine entsprechende Steigerungsrate des Energiepreises angesetzt.

Üblicherweise und zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit wird für die Berechnung der Lebenszykluskosten von Gebäuden ein Kalkulationszinssatz i.H.v. 5,5% angesetzt. Dieser Wert bildet aber in der aktuellen Niedrigzinsphase nicht mehr die Realität ab, weshalb im Rahmen dieser Studie auch ein Szenario dem realistischeren Kalkulationszinssatz i.H.v. 3,5% bzw. 1,5% berechnet wurde.

Nachfolgend werden die Lebenszykluskosten des Referenzgebäudes „Regelfall“ über einen Betrachtungszeitrahmen von 50 Jahren mit unterschiedlichen Diskontierungsraten dargestellt.

Lebenszykluskosten

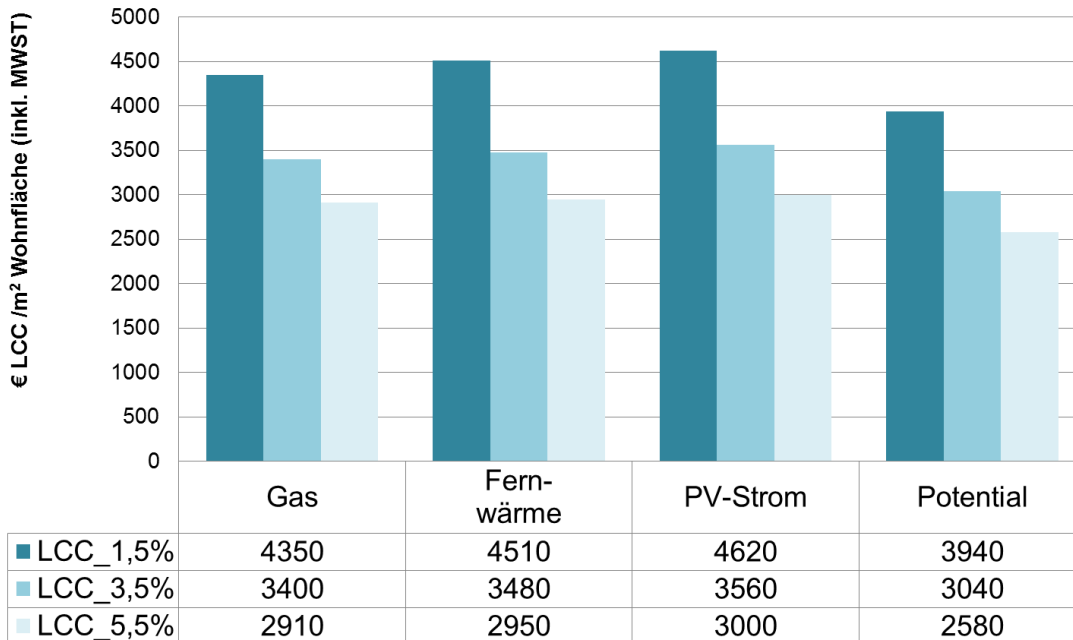


Abbildung 176 Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für das Referenzgebäude „Regelfall“ mit unterschiedlichen Diskontierungsraten

In Abbildung 176 sind die Lebenszykluskosten pro m² Wohnfläche für einen Betrachtungszeitraum von 50 für verschiedene Diskontierungsraten aufgetragen.

Dabei wird deutlich, dass Die Variante „Gas“ bei allen Diskontierungsfaktoren besser abschneidet als „Fernwärme“ und „PV- Strom“. Somit ist die Auswahl der Anlagentechnik in diesem Fall nicht sensitiv bezogen auf die Wahl des Diskontierungsfaktors.

9.5.4 Effekt Betrachtungsdauer

Der Lebenszyklusbewertung ist ein Betrachtungszeitraum zugrunde gelegt, über den die Kosten einfließen und betrachtet werden. Angelehnt an das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) wird standardmäßig ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren angesetzt. Je nach Fragestellung ist dieser Betrachtungszeitraum zu variieren. Beispielsweise erwarten Investoren eine frühere Amortisation der Kosten, weshalb hierfür 2 Varianten mit kürzeren Betrachtungszeiträumen berechnet werden. Ein relativ kurzer Betrachtungszeitraum von 12 Jahren führt zu höheren Lebenszykluskosten pro m² Wohnfläche, da die Gesamtkosten auf weniger Jahre verteilt werden. Daneben wird ein mittleres Szenario von 35 Jahren dargestellt, das der momentanen Betrachtungsdauer bei Investitionen von Wohnbaugesellschaften abbildet.

Nachfolgend werden die Lebenszykluskosten des Referenzgebäudes „Regelfall“ über unterschiedliche Betrachtungszeiträume mit einem Diskontierungsrate von 5,5% dargestellt.

Lebenszykluskosten

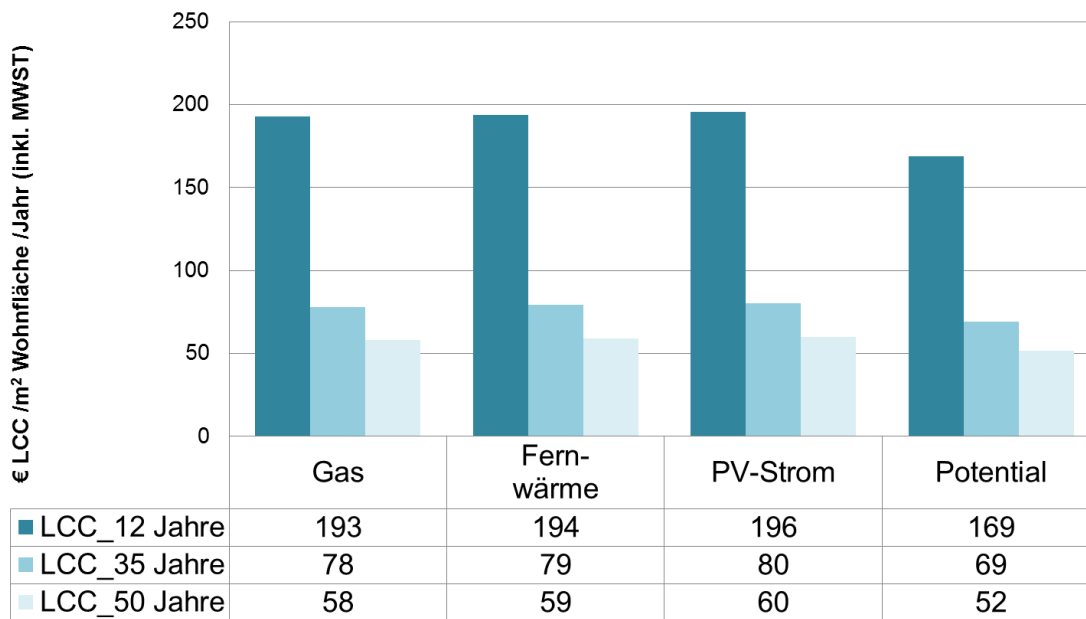


Abbildung 177 Lebenszykluskosten für unterschiedliche Betrachtungszeiträumen für das Referenzgebäude „Regelfall“ mit unterschiedlichen Betrachtungszeiträumen

Je nach Betrachtungszeitraum und damit eventuell auch der Zeitraum, nach dem sich die Investition amortisiert haben sollte, wirkt sich dies stark auf den Mietpreis aus. Zu erwähnen ist aber, dass zur Berechnung eines monatlichen Mietpreises zusätzlich zu den hier aufgeführten Kosten der KG300, 400 und 700 und anderen oben aufgeführten Lebenszykluskosten noch weitere Kostenpositionen hinzukommen würden, wie z.B. Kosten für das Grundstück und erwarteter Gewinn.

9.5.5 Effekt Personenanzahl

Mit der Wahl der Bezugsgröße m² Wohnfläche ist es im Falle des Referenzgebäudes „Suffizienz“ nicht möglich, den Vorteil einer größeren Personenanzahl darzustellen. Auf Grund dessen werden nachfolgend die Herstellkosten der beiden Referenzgebäude bezogen auf die Personenanzahl dargestellt.

Herstellkosten KG300, 400 und 700

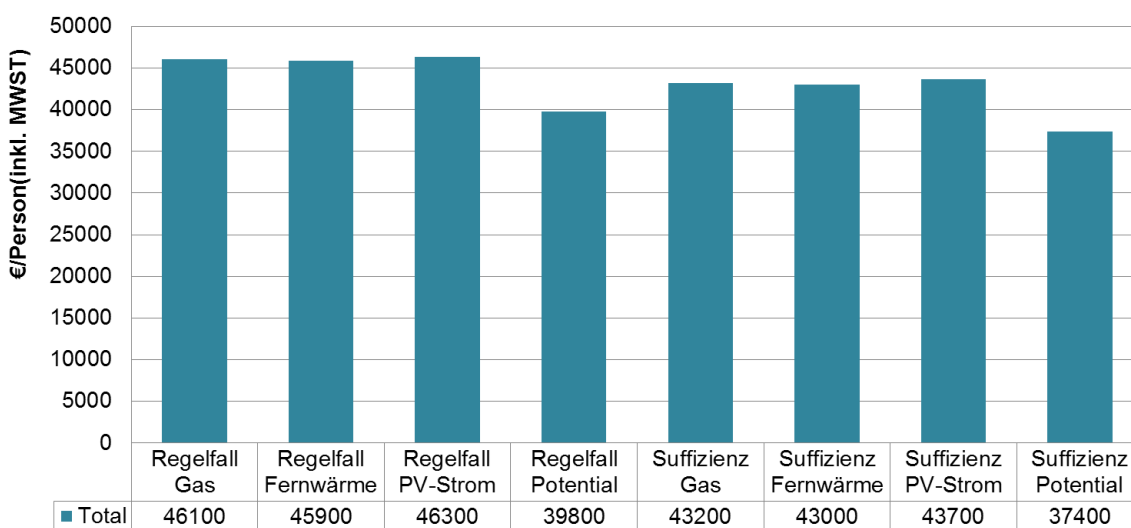


Abbildung 178 Herstellkosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für das Referenzgebäude „Regelfall“ und „Suffizienz“

In der Abbildung 178 sind die Herstellkosten der Kostengruppen 300, 400 und 700 inkl. Mehrwertsteuer für die beiden Referenzgebäude pro Person aufgetragen. Pro Person bezogen sinken die Kosten beim Referenzgebäude „Suffizienz“ um ca. 2900 €/Person (ca. 6%) ab. Dies könnten interessante zukünftige Betrachtung abseits des Ausweisens der Kosten pro m² Wohnfläche oder Bruttogrundfläche darstellen.

9.6 Ökobilanz (LCA)

Die Ökobilanz wird in der Studie verwendet, um sicherzustellen, dass die Umweltwirkungen nicht vollständig aus dem Ruder laufen. Dabei besteht kein direkter Zusammenhang zu den Baukosten. Ähnlich wie bei konventionellen Bauweisen gibt es beim industrialisierten Wohnungsbau auf Grund der Materialität eine Spreizung der Ergebnisse. Nachfolgend soll diese Spreizung der umweltlichen Ergebnisse am Beispiel der beiden Praxispartner dargestellt werden.

9.6.1 Referenzgebäude Regelfall

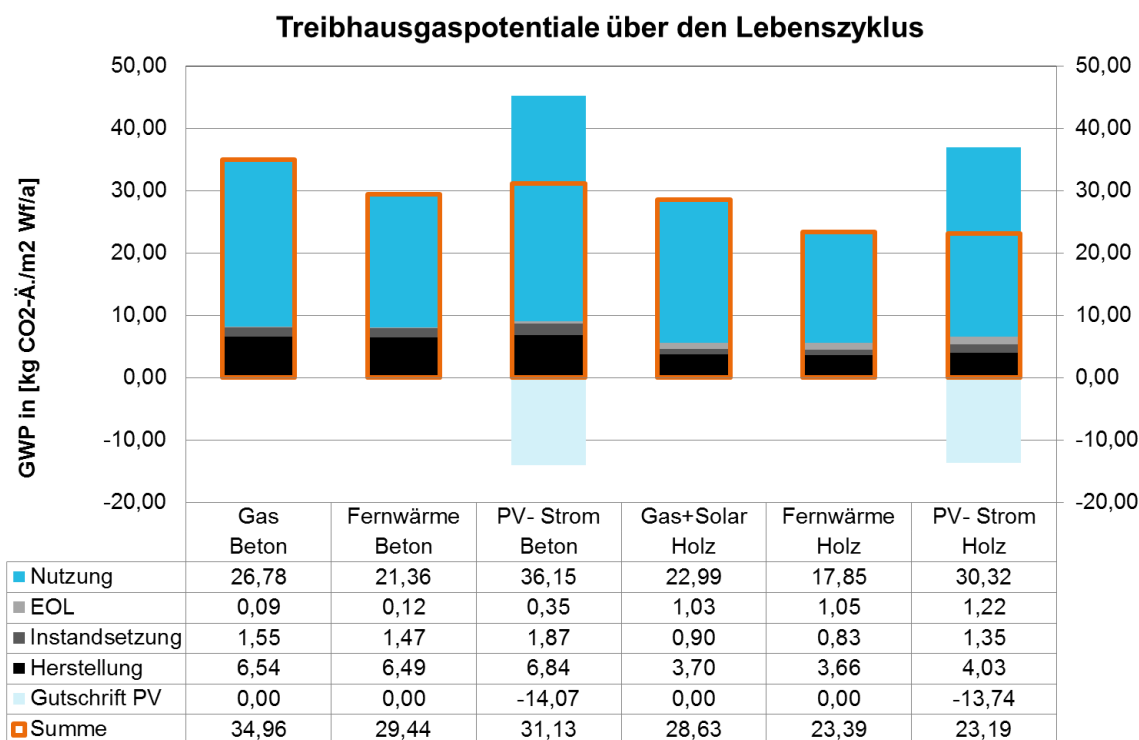


Abbildung 179 Treibhausgaspotentiale über den gesamten Lebenszyklus für das Referenzgebäude „Regelfall“

Bei der Betrachtung der Treibhausgaspotentiale der verschiedenen Varianten des Referenzgebäudes „Regelfall“ schneidet die Stromheizungsvariante in Holzbauweise am besten ab. Die durch die PV-Anlage erzeugte Strommenge wird als Treibhausgutschrift ausgewiesen und verringert die negativen Umweltauswirkungen deutlich.

Je nach Standort und damit verbundenem Primärenergiefaktor der Fernwärmevariante kann diese auch eine interessante Alternative darstellen. Bei der hier abgebildeten Fernwärme wurde der Standort Erfurt und Primärenergiefaktor von 0,17 nach EnEV verwendet.

Die Versorgungsvariante Gas der Bauweise mit Beton-Raummodulen erzeugt in der Summe die höchsten Treibhausgaspotenziale der sechs abgebildeten Varianten. Aber auch die Bauweise mit Holz-Flächenelementen erzeugt in der Versorgungsvariante Gas mehr Treibhausgasemissionen als die zwei alternativen Versorgungsvarianten Fernwärme und Strom.

Auf Grund des etwas geringeren Energiebedarfs des Gebäudes in Holzbauweise, des etwas anderen Wohnungsmixes und dem damit verbundenen Eigenstrombedarf sind die Treibhausgaspotentiale der Nutzungsphase geringer. Weiterhin ist die PV-Anlage bei der Betonbauweise kleiner als bei der Holzbauweise, wodurch weniger Strom erzeugt wird und die Gutschrift bei den Treibhausgaspotentialen geringer ausfällt. Der Grund für die trotzdem geringer ausfallende PV-Gutschrift pro Quadratmeter bei der Holzbauweise liegt in der größeren Wohnfläche; die insgesamt höher ausfallende PV-Gutschrift wird auf mehr Quadratmeter verteilt.

Weiterhin zeigt sich bei der Holzbauweise die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen. Insgesamt sind die Treibhausgaspotentiale für Herstellung, Instandhaltung und EoL deutlich geringer als bei der Betonbauweise. Dies ist vor allem den Gutschriften bei der Verbrennung von Holz am Lebensende geschuldet, da hier umweltliche Gutschriften für die Produktion von Strom und Wärme gewährt werden.

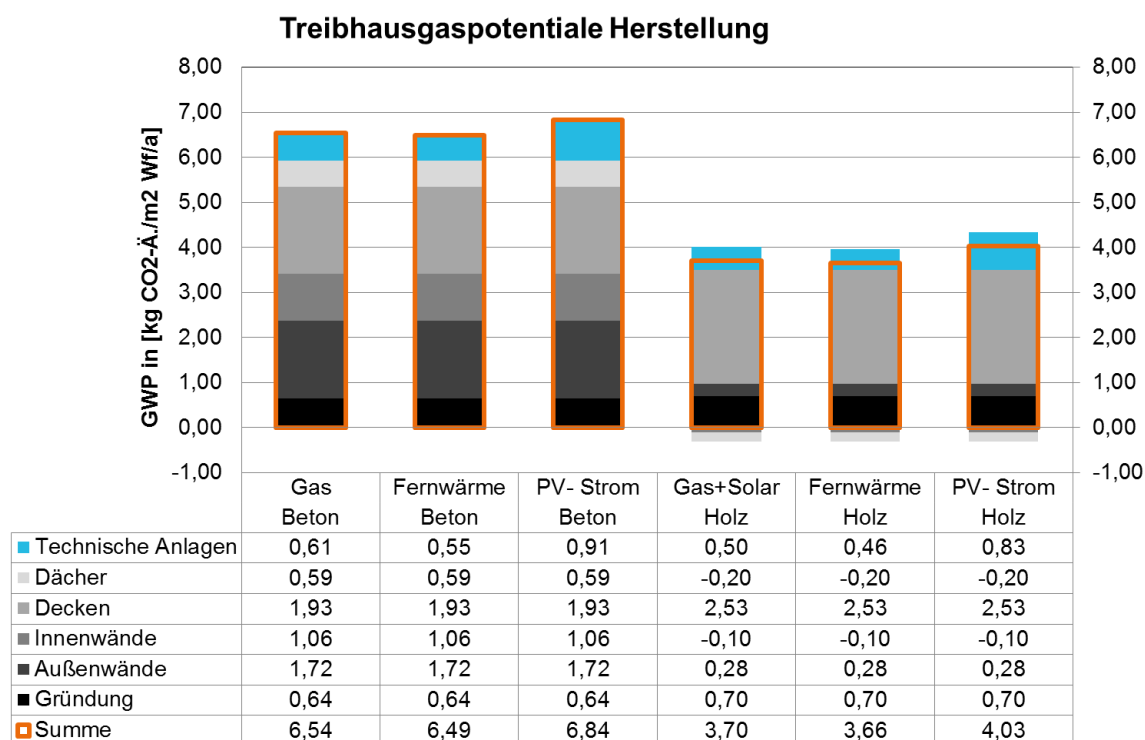


Abbildung 180 Treibhausgaspotentiale der Herstellung für das Referenzgebäude „Regelfall“, aufgeteilt in verschiedene Bauteilgruppen

Betrachtet man die Treibhausgaspotentiale der Lebenszyklusphase „Herstellung“ in Abbildung 180 werden die Effekte der Nutzung nachwachsender Rohstoffe bei der Holzbauweise deutlich. Durch die CO₂-Einbindung während des Wachstums eines Baumes weisen die Konstruktionen mit hohem Holzanteil (Innenwände und Dächer) sogar negative Treibhauspotentiale auf. Dieselbe Menge wird bei der Verbrennung von Holz am Lebensende wieder freigesetzt.

Des Weiteren wird der Effekt der Anlagentechnik deutlich. Bei der Variante Fernwärme ist die Anlagentechnik deutlich einfacher als bei der Versorgungsvariante Gas auf Grund der nicht benötigten Wärmespeicher und dem Wegfallen der Solarthermieanlage. Die PV-Stromvariante weist durch die Installation der PV Anlage deutlich höhere Treibhausgaspotentiale auf. Diese umweltliche Anfangsinvestition rechnet sich aber wie oben ersichtlich schon nach wenigen Jahren (nach Itten&Frischknecht (2014) [9.4] beträgt die primärenergetische Paybacktime für Erfurt und monokristalline PV Module ca. 2-3 Jahre).

9.6.2 Referenzgebäude Suffizienz

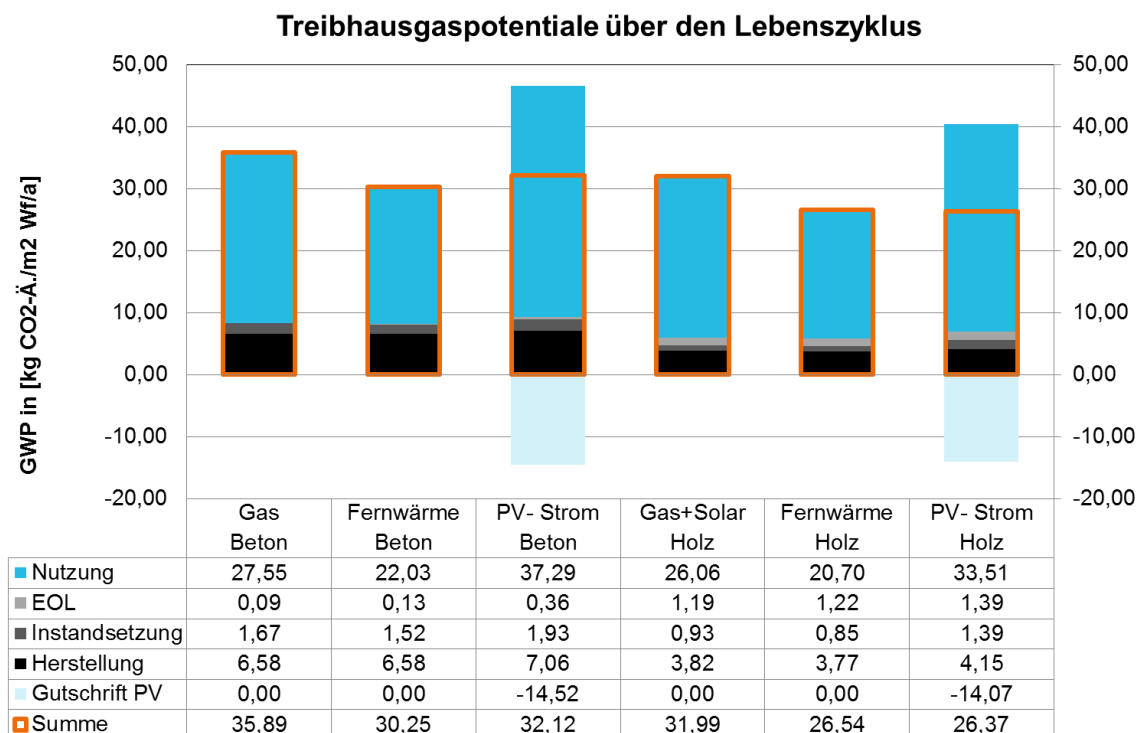


Abbildung 181 Treibhausgaspotentiale über den gesamten Lebenszyklus für das Referenzgebäude „Suffizienz“

Bei der Betrachtung der Treibhausgaspotentiale der verschiedenen Varianten des Referenzgebäudes „Suffizienz“ zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei Referenzgebäude „Regelfall“. Die Stromheizungsvariante in Holzbauweise weist bilanziell auch hier die geringsten Treibhausgaspotentiale auf.

Der Unterschied zur Fernwärme-Variante in holzbauweise ist jedoch sehr gering, weshalb auch diese Variante je nach Standort interessant sein kann.

Die Versorgungsvariante Gas in Betonbauweise erzeugt in der Summe die höchsten Treibhausgaspotenziale der sechs abgebildeten Varianten. Aber auch die Holzbauvariante Gas erzeugt mehr Treibhausgaspotenzial als die zwei Alternativen in Holzbauweise.

Äquivalent zu Referenzgebäude „Regelfall“ fallen die Treibhausgaspotenziale auch bei Referenzgebäude „Suffizienz“ durch die Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Holzbauweise in den Bereichen Herstellung, Instandhaltung und EoL niedriger aus als für der Betonbauweise.

Insgesamt sind die Lebenszyklusphasen Herstellung und EoL auf Grund des größeren Anteils an Innenwänden leicht erhöht. Auf Grund der leicht geringeren Wohnfläche als Bezugsfläche erhöhen sich die Werte für die Lebenszyklusphase Herstellung im Vergleich zu Referenzgebäude „Regelfall“ leicht.

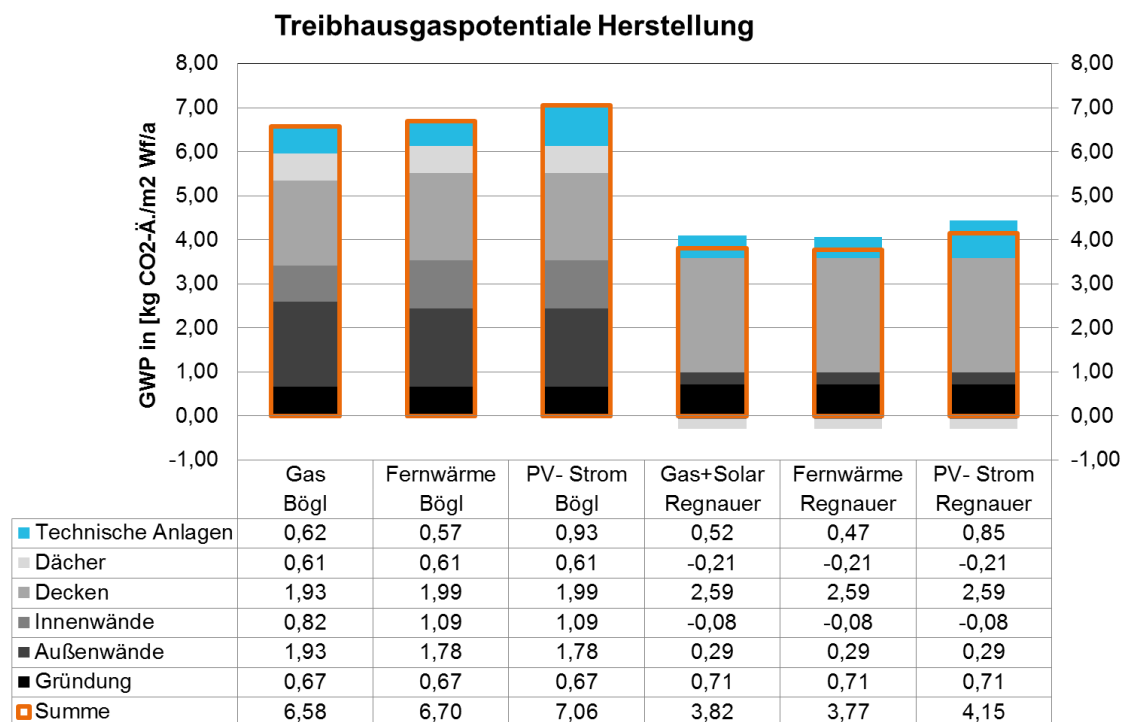


Abbildung 182 Treibhausgaspotenziale der Herstellung für das Referenzgebäude „Suffizienz“, aufgeteilt in verschiedene Bauteilgruppen

Bei der Betrachtung der Treibhausgaspotenziale während der Lebenszyklusphase Herstellung in Abbildung 182 ergibt sich ein ähnliches Bild wie für das Referenzgebäude „Regelfall“. Auch hier sind die Effekte der Nutzung nachwachsender Rohstoffe bei der Holzbauweise deutlich erkennbar. Die

Konstruktionen mit hohem Holzanteil (Innenwände und Dächer) weisen negative Treibhauspotentiale auf.

Auch der Effekt der Anlagentechnik ist äquivalent zu Referenzgebäude „Regelfall“. Bei der Fernwärme-Variante ist die Anlagentechnik deutlich einfacher als bei der Variante Gas oder gar bei der PV-Stromvariante. Die Gründe hierfür wurden bereits weiter oben erläutert.

9.7 Einordnung und Beurteilung der Kosten

Die oben dargestellten Kosten wurden direkt bei den Industriepartnern abgefragt und auf Grund unterschiedlicher Berechnungsweisen (pauschal pro Fläche auf Basis von Erfahrungswerten; detaillierte Stückauflistung mit separatem Ausweisen von Arbeits- und Materialkosten) der beiden Firmen kann es durchaus zu Verschiebungen zwischen einzelnen Kostengruppen bzw. Unschärfen kommen. Weiterhin wurden die Preisanfragen für die technischen Bauteile von den jeweiligen Firmen angefragt, was zu weiteren Abweichungen führen kann. Trotzdem gibt die Berechnung der Kosten eine Übersicht der zurzeit erzielbaren Erstellungskosten.

Insgesamt ist festzuhalten:

- Momentan wird das Kostenziel von 1200 €/m² Wohnfläche inkl. Mehrwertsteuer für die Kostengruppen 300, 400 und 700 deutlich überschritten.
- Es zeichnen sich große Einspareffekte durch Serienfertigung ab. Diese liegen wahrscheinlich basierend auf der jetzigen Einschätzung der Firmen noch etwas über dem Kostenziel.
- Bei den Umweltwirkungen zeigt sich je nach Bauweise eine zu erwartende Spreizung, wie sie auch bei konventioneller Bauweise vorkommt. Der Fokus liegt eindeutig zuerst auf dem Energiebedarf der Nutzungsphase und weniger auf der Bauweise. Erst bei sehr energieeffizienten Gebäuden nimmt die Bedeutung der Bauweisen zu.

Um abschätzen zu können, ob der industrialisierte Wohnungsbau per se kostengünstiger ist als konventionell gebaute Gebäude, reicht die Datengrundlage nicht aus. Dafür müsste mehr und unterschiedliche Gebäude hinsichtlich der Kosten ausgewertet werden. Im Vergleich mit in der Literatur vorkommenden Werten für konventionelles Bauen, wie z.B. [9.3] befinden sich die jetzigen Werte nahe am Mittelwert. Unter der Berücksichtigung der möglichen Einsparpotentiale durch Serienfertigung würden sich die Herstellkosten am unteren Ende befinden und dort erwähnten Kosten sogar noch unterschreiten.

10 Zusammenfassung, Empfehlungen und Fazit

Das Forschungsvorhaben ‚Bauen mit Weitblick‘ beschäftigt sich mit dem industriellen Bauen, in diesem Fall fokussiert auf den mehrgeschossigen, sozialen Wohnungsbau. Das ist - zugegebenermaßen - eine bereits sehr alte und wiederkehrende Fragestellung: Le Corbusier (Vers un architecture, 1923), Gropius und Wachsmann (General Panel System, 1941) oder in neuerer Zeit Kieran und Timberlake (Refabricating Architecture, 2003) haben sich, um nur einige wenige prominente Beispiele zu nennen, mit dieser Fragestellung beschäftigt. Und sind gescheitert. Warum also noch ein Vorhaben, das sich mit dieser Fragestellung beschäftigt?

Die Antwort lautet: Weil es immer noch die gleichen Probleme sind, die in unserer Gesellschaft und dem Bauwesen bestehen! Akuter Mangel an Wohnraum zu erschwinglichen Preisen in den Ballungsräumen, hohe Produktionspreise, individualisierte Planungen („one-design“) ohne Serieneffekte, Kapazitätsengpässe bei Planenden und Produzierenden, hoher Mangel qualifizierter Arbeitskräften.

Es ist also durchaus sinnvoll, die Möglichkeit industriellen Bauens unter heutigen Randbedingungen erneut unter Berücksichtigung der aktuellen Marktbedingungen zu überprüfen und dabei insbesondere die heutigen Möglichkeiten des digitalen Planens sowie computer-unterstützter Fertigung und Steuerung zu untersuchen.

Auf den ersten Blick erscheint es bis heute merkwürdig, dass in einem volkswirtschaftlich so wichtigen Segment wie dem Wohnungsbau mit seinem hohen Anteil an Ressourcen- und Energieverbrauch verbunden mit hohen Kosten nur ein geringer Grad an industrieller Fertigung der Bauwerke selbst eingestellt hat. Während die Produktion der Bauprodukte selbst - Mauersteine, Beton(halb-)fertigteile, Gipsbauplatten oder Holzwerkstoffe, Sanitäreinrichtungen, Armaturen, Elektroschalter, usw. - sehr wohl in industriellem Maßstab und auf Vorrat geschieht, folgt die Abwicklung des Errichtens der Bauwerke bis heute meist archaischen Mustern.

Forschungen zu industriellem Bauen haben sich daher auch in der Geschichte häufig an anderen Industrien orientiert. Der Automobil-, Schiffs- und Flugzeugbau dienen beispielsweise als Vorbilder, da auch hier aus zumindest zum Teil standardisierten Industrieprodukten zunächst Baugruppen gebildet werden, die dann mit unterschiedlichen (Teil-)Vorfertigungsgraden zu komplexen Strukturen zusammengesetzt werden. Auch in diesem Vorhaben wurde auf entsprechende Vorprojekte zurückgegriffen, um die aktuellen Arbeitsweisen der oben genannten Industrien zu analysieren und bei

Eignung Anleihen machen zu können (Integrale Holzbauplanung, TUM, gefördert durch die DBU, 2016).

Ein wesentlicher Unterschied ist jedoch zu beachten: Der Flugzeug- und Automobilbau ermöglicht zwar in gewissen Bereichen eine Individualisierung des Produktes, z.B. in der Innenausstattung, die Produkte bleiben aber in der äußeren Form und in der Komposition der Technik unverändert. Zudem sind die Produkte mobil, also nicht Standort gebunden. Für das Bauwesen eignet sich daher der Schiffsbau am ehesten als Vorbild, da auch hier, z.B. beim Bau von Kreuzfahrtschiffen, meist die äußere und innere Form bei gleichzeitig hoher Standardisierung angepasst werden und eine Vielzahl von Funktionen sehr ähnlich sind (Wohnen, Versorgung, Versammlung). Das Bauwesen benötigt jedoch einen noch höheren Anpassungsgrad. Städtebauliche, soziale und geometrische Randbedingungen sowie eine im Vergleich zum Schiffs- oder Flugzeugbau wesentlich heterogenere Kundenstruktur erfordern einen hohen Anpassungsgrad an individuelle Randbedingungen.

Ziel des Vorhabens war zunächst die Entwicklung **eines** ‚Systembaukastens für den industrialisierten, mehrgeschossigen sozialen Wohnungsbau‘. Der Systembaukasten sollte so entwickelt werden, dass er in verschiedenen Baustoffen (Betonbau, Holzbau, Hybridbau, etc.) durch seriell herstellbare Bauteile umgesetzt werden kann. Dazu sollte es idealerweise **einen** Konfigurator geben, mit dessen Hilfe Bauherren bzw. deren Planende die jeweils gewünschten Mehrgeschosser für den sozialen Wohnungsbau generieren können. In der Idealvorstellung liegen dann auf der Grundlage der jeweiligen Konfiguration alle Bau- und Fertigungspläne, Kosten, Vertragsunterlagen usw. vor.

Diesen einen Systembaukasten kann es aber nicht geben (zu den Definitionen siehe Glossar).

Ein Systembaukasten muss ein **spezifisches Bausystem** abbilden. Dieses Bausystem wiederum muss einer **spezifischen Bauweise** entsprechen, also z.B. eine Betonfertigteiltbauweise, eine Holztafelbauweise oder aber eine hybride Bauweise. Letztere wird im Bauwesen überwiegend verwendet, eigentlich sind alle real errichteten Gebäude in Mischbauweisen errichtet.

Ein **allgemeingültiger** (generischer) Systembaukasten, der viele unterschiedliche Bausysteme abbilden könnte erfordert eine auch mit heutigen digitalen Methoden nicht abbildbare Vielfalt an Parametern und würde zudem in der Planung extrem unübersichtlich.

Ein Systembaukasten muss im Übrigen nicht zwangsweise mit einer **Vorfertigung** verknüpft sein. Natürlich ist eine weitgehende Vorfertigung aus den vielfach bekannten Gründen sinnvoll, für die Anwendung eines Systembaukastens ist sie aber nicht zwangsweise Voraussetzung. Theoretisch kann ein Systembaukasten auch für eine reine Baustellenfertigung entwickelt werden. De facto wird

ein Systembaukasten immer eine Mischung aus Vorfertigung, Vorkonfektionierung und Ergänzungen auf den Baustellen darstellen. Dass an dieser Stelle zur Vorfertigung insbesondere in den Bereichen TGA und Ausbau weiterer Entwicklungsbedarf besteht, ist unbestritten aber nur in Teilaspekten Gegenstand dieses Vorhabens (siehe z.B. Entwicklung ‚Systembad‘).

Im Vorhaben wurden daher nach der üblichen Grundlagenermittlung mit den Projektpartnern folgende Schritte und Ansätze bearbeitet:

- Ermittlung und Zusammenstellung aller rechtlichen, bautechnischen, sozialen Anforderungen - Erarbeitung eines vollständigen Anforderungskataloges
- Erprobung der Methodik durch die parallele Entwicklung zweier Systembaukästen mit den Bausystemen hybrider Tafelbau (Holztafelbau mit Betonfertigteildecken, Projektpartner Fa. Regnauer) und Raummodule in Betonbauweise (Projektpartner Fa. Max Bögl)
- Verifizierung der Verwendbarkeit der beiden Systembaukästen anhand von Referenzgebäuden
- Erprobung vorhandener digitaler Instrumente und Schnittstellen zur Erstellung und Verifizierung der Systembaukästen
- Kostenermittlung zu den Systembaukästen unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten und Lebenszyklusanalysen
- Ergänzende Untersuchungen zur Ermittlung von Suffizienz- und damit Kostenpotentialen, z.B. erforderliche Grundlüftung, Elektrodirektheizung, Baddesign

Die Systembaukästen können dabei immer nur die in ihrem jeweiligen Bausystem herstellbaren Gebäudeteile abdecken - im Normalfall die Regelgeschosse. Unter- und Erdgeschosse mit ihren häufig wechselnden Sondernutzungen (Einkauf, Kita, Restaurant, Energieversorgung, Parken,) sind im Regelfall ortsbezogen ergänzend zu planen und zu errichten.

Auch in diesem Vorhaben wurde bezüglich der Anbieter eines Systembaukastens von jeweils einem Anbieter ausgegangen, der dann für die Baumaßnahme als Generalunternehmer auftritt. Dieses Vorgehen war im Vorhaben unter anderem deshalb sinnvoll, weil dadurch die erforderlichen Kostenberechnungen und Kostenreduzierungen durch Wiederholungs- und Mengeneffekte abbildbar waren (siehe dazu auch Anmerkungen unter ‚Empfehlungen‘). Dieses Vorgehen ist in Ausschreibungsverfahren privater Bauherren völlig unkritisch, bei Einsatz öffentlicher Mittel sind jedoch besondere Ausschreibungsverfahren einzuhalten. Hier sind meist zweistufige Bewerbungsverfahren erforderlich, z.B. in Form von Verhandlungsverfahren mit vorgeschaltetem Teilnahmewettbewerb - ein wie die Praxis zeigt recht aufwändiges Verfahren.

Anforderungen

Im Rahmen der Erarbeitung eines marktkonformen Bedarfsmodells wurden in einem ersten Schritt „Leistungsanforderungen“, sowohl allgemeine Leistungsanforderungen wie auch gesellschaftliche und soziale Standards, die sich für den mehrgeschossigen sozialen Wohnungsbau aus den verschiedenen Fachbereichen der Architektur, Konstruktion, technischen Gebäudeausrüstung usw. ergeben, zusammengetragen und formuliert. Die Anforderungen wurden aus heutiger Sicht der Wohnungswirtschaft, der Baukultur und der Nutzer beschrieben, unabhängig davon in welcher Bauweise oder mit welchem Bausystem diese künftig umgesetzt werden sollen. Geltende gesetzliche und normative Regelungen sowie Mindestanforderung für den Wohnungsbau wurden in einem zweiten Schritt im Detail hinterfragt, um mögliche Optimierungsansätze aufzuzeigen und Empfehlungen auszusprechen. Beispielsweise zeigt der deutschlandweite Vergleich der Förderrichtlinien in Bezug auf die Quadratmeteranzahl der Wohnungen erhebliche Unterschiede mit weitreichender Wirkung. Denn nur durch die Sicherstellung der Förderfähigkeit in möglichst vielen Bundesländern kann die größtmögliche Marktakzeptanz und Nachfrage sichergestellt werden. Demzufolge wurden Quadratmeterbereiche für die 1- bis 5-Zimmer Wohnungen benannt, in denen über Deutschland hinweg die meisten Förderungen erwirkt werden können. Um auch auf weitere standortbezogene Situationen und Wohnbelange, die sich zumeist aus regional unterschiedlichen Rahmenbedingung ergeben, reagieren zu können wurden die Anforderungen in drei Ausstattungsstandards - Suffizienz, Regelfall und Plus - untergliedert. Der Regelfall stellt das Grundsystem für einen optimierten sozialen Wohnungsbau dar. Regionale Anpassungen oder besondere Nutzer- und Betreiberbedürfnisse, die im Regelfall nicht mit abgedeckt sind, wurden den Plus-Kriterien zugeschrieben. Unter dem Suffizienz-Standard sind Maßnahmen und Erkenntnisse aufgeführt, die in erster Linie Kosten einsparen ohne eine Beeinträchtigung der Wohnqualität zur Folge zu haben. Bei deren Umsetzung sind z.T. Abweichungen von gesetzlichen Vorgaben oder Richtlinien erforderlich. Für alle Abweichungen werden die entsprechenden Nachweise zur Sicherung der Funktionalität und Qualität geführt (bspw. Unterschreitung von Flächenvorgaben aus Förderrichtlinien oder von Flächenvorgaben für die barrierefreie Nutzung).

Der letztlich entstandene Katalog aus nutzer- und betreiberseitigen, technischen und konstruktiven sowie gestalterischen und architektonischen Anforderungen untergliedert in die drei Ausstattungslinien beschreibt sehr konkret die Leistungsanforderungen und Rahmenparameter an einen mehrgeschossigen sozialen Wohnungsbau. Er kann für künftige Entwicklungen als Grundlage genutzt werden. Der Anforderungskatalog wird über die Webseite www.bauen-mit-weitblick.tum.de als Excel-Datei zur Verfügung gestellt

Systembaukasten

Zu Entwicklung eines Systembaukastens wurden zunächst die erforderlichen theoretischen Grundlagen zu Baukastensystemen zusammengetragen und für eine Anwendung im mehrgeschossigen Wohnungsbau ausgewertet. Der mehrgeschossige soziale Wohnungsbau ist im Sinne eines Systembaukastens als ein zu erstellendes (Teil-)Produkt (Bezug Regelgeschoss) zu betrachten. Um gleichzeitig die Vorteile einer Vorfertigung zu nutzen, wurde die Entwicklung eines Systembaukastens als industriell zu fertigendes Produkt forciert. Basierend auf dem Produktansatz wurde eine allgemeingültige Produktarchitektur für einen Systembaukasten für den sozialen Wohnungsbau entwickelt. Diese besteht - aufbauend auf dem Anforderungskatalog - aus einer Funktionsstruktur und einer darauf aufbauenden Produktstruktur, also einer konkreten Beschreibung der notwendigen Bestandteile des Systembaukastens für die Funktionserfüllung.

Für den Aufbau und die Struktur eines Systembaukastens wurde als methodisches Lösungsprinzip die Anwendung von Baugruppen gewählt. Der Ansatz folgt der in anderen Industrien erfolgreichen Anwendung und wurde hier auf das Bauwesen adaptiert. Es wurden dabei zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt:

Die Systematik der **Baugruppe-Gebäude** (BG-G) und die Systematik der **Baugruppe-Typengeschoss** (BG-T).

Der Ansatz der Baugruppensystematik lautet: Mit einer definierten Menge an unterschiedlichen und unveränderbaren Bausteinen ist es möglich bauaufgabenbezogene, individuelle Gebäude bei vollständiger Kostentransparenz und abgesicherter Baubarkeit abzubilden.

Eine Baugruppe ist eine in sich vollständig gelöste Einheit, die alle Elemente des Roh- und Ausbaus und der Technischen Gebäudeausrüstung beinhaltet. Sie könnte ergänzend Möblierungen und weitere technische Ausstattungen, z.B. Küchengeräte, enthalten. An ihren Grenzen sind alle Übergänge zur nächsten Baugruppe vollständig definiert, also z.B. Trennwände, Decken, Dächer usw. Eine Baugruppe bildet mindestens eine Wohnung (Baugruppe-Wohnung (BG-W) ab, im Regelfall aber mehrere über- oder nebeneinanderliegende Wohnungen. Als Baugruppen-Gebäude (BG-G) werden in diesem Vorhaben dreidimensional zusammengefasste (Wohnungs-)Einheiten bezeichnet (Abbildung 19), als Baugruppe-Typengeschoss (BG-T) zweidimensionale, geschossweise Zusammenfassungen (Abbildung 32) von Baugruppen-Wohnung. Bei der Entwicklung hat sich gezeigt, dass insbesondere die Anordnung der Schächte, also die dritte Dimension, besondere Aufmerksamkeit er-

fordert. Aus einer begrenzten Anzahl von Baugruppen sollten die üblichen Gebäudetypologien entwickelt werden können - Mittelflur, 2 - 4-Spänner, Laubengang, Kernerschließung. Die Baugruppen sind über Konfiguratoren abzubilden, welche die Planung mit genau den verfügbaren Baugruppen erlauben, einschließlich von Verträglichkeitsprüfungen.

Die Maßsystematik der Baugruppen sollte zwar möglichst weitgehend den üblichen Rastermaßen der verwendeten Baustoffe folgen, muss aber nicht unbedingt einem festen Modulmaß folgen. Baugruppen für Eckwohnungen können bspw. deutlich andere Breiten aufweisen, als Mittelwohnungen. Fenstergrößen, Brüstungshöhen, oder Fassadenausführung sind in festgelegten Grenzen parametrisiert, die jeweiligen Grenzen und Möglichkeiten sind vom spezifischen Bausystem abhängig (z.B. durch Spannweiten der Fensterstürze oder Brandschutzmaßnahmen).

Die einfachste Kombination von Baugruppen ist das Stapeln gleicher Baugruppen-Wohnung übereinander. Allerdings ist damit meist der gewünschte Wohnungsmix nicht erreichbar. Es müssen daher auch Wohnungen unterschiedlicher Größe übereinander und überlappend angeordnet werden können - also Baugruppen-Gebäude bilden können. Dies ist bei entsprechender Grundrissplanung der Baugruppen-Wohnung möglich, in seltenen Fällen müssen Blindschächte in einzelnen Wohnungstypen akzeptiert werden. Die Baugruppen-Gebäude stellen also größere, dreidimensionale Einheiten dar, für welche die Passung der verwendeten Baugruppen-Wohnung schon geprüft ist.

Zur Veranschaulichung: Die Systematik ähnelt einem SOMA[®]-Würfel oder einem 3D-Tetris.

Die Baugruppen können abgeschlossen in BIM-Systemen abgebildet werden, in diesem Fall ein lohnender Aufwand. Sie sind durch ergänzende Baugruppen wie Balkone, Laubengänge, Solarpaneele etc. ergänzbar. Die Koppelpunkte für die Anbauteile / Accessoires sind geometrisch und bezüglich der Tragfähigkeit fest definiert. Die Ergänzungen sind damit einfach konfigurierbar oder bei Bedarf neu dazu zu entwickeln. Dieses Vorgehen lässt sich direkt mit dem Vorgehen im Flugzeug- oder Schiffsbau vergleichen.

Die beteiligten Industriepartner haben basierend auf der entwickelten Methodik sowohl unter Verwendung der Systematik Baugruppe-Gebäude als auch der Systematik Baugruppe-Typengeschoss parallel firmenspezifische Systembaukästen weiterentwickelt (Beton-Raummodule und hybride Holz-Beton-Tafelbauweise). Mit den Entwicklungen wurden jeweils an anhand von Referenzgebäuden die methodischen Ansätze überprüft und weiterentwickelt. Ebenso wurde die Anwendbarkeit auf die o.a. Gebäudetypologien überprüft. Es konnte gezeigt werden, dass die entwickelte Methodik der Systembaukästen mit Baugruppen auf die Praxis übertragbar ist.

Entsprechend der gewählten Vorfertigungsgrade der Systembaukästen werden die beim herkömmlichen, gewerkeweise Bauen üblichen Einflüsse negativer Randbedingungen deutlich reduziert (Witterung, Qualitätssicherung, Logistik, Abfall, ...). Bestimmte Randbedingungen wie Witterungseinflüsse und rechtzeitige Kontrollen sind jedoch - zum Teil unter anderen Vorzeichen- auch hier zu berücksichtigen.

Das **Raummodul** stellt hier den höchsten möglichen Vorfertigungsgrad dar. Dies gilt für alle verwendbaren Bausysteme – Holzbau, Stahlbau, Holzbetonverbundbauweise usw. – gleichermaßen. Im Idealfall wird das Raummodul vollständig ausgebaut – bis hin zur Möblierung -, verpackt, gelagert und just-in-time auf die Baustelle geliefert. Gerade bei vollständig verpackten Einheiten sind materialabhängig bauphysikalisch bedingte Feuchteerscheinungen ebenso wie Feuchteeintrag durch Niederschläge während der Montagephase zu berücksichtigen.

Ungeachtet der Materialität ist die Breite von Raummodulen in Deutschland auf eine Breite von ca. 320 cm zu beschränken, um die Module ohne aufwändige Maßnahmen (Sondertransporte) transportieren zu können. Entsprechend sind für größere Wohnräume schaltbare Module erforderlich. Raummodule werden daher im Regelfall nicht alleine als eine Baugruppe betrachtet, sondern zunächst zu einer Baugruppe-Wohnung zusammengefasst, woraus dann wiederum Baugruppen-Gebäude oder Baugruppen-Typengeschosse konfiguriert werden, um bei den Planungen auf der Grundlage von Systembaukästen die Parameter zu begrenzen.

In diesem Forschungsprojekt wurde aufgezeigt, dass die Vielfalt und die Größenanforderungen an geförderte Wohnungen mit dieser Systematik weitestgehend eingehalten werden können. Aber die im Regelfall starre Länge eines Raummoduls begrenzt auch die Breite eines Gebäudes je nach Produzent ist sie ein festes Vielfaches, z.B. von 3 m. Stahl- und Holzbauweise sind hier etwas flexibler. Raummodule benötigen zudem eine doppelte Bodenkonstruktion, was bei gleichen Innenraumhöhen (Regelgeschoss 2,50m) zu einer größeren Gebäudehöhe führt und in den Bebauungsplänen zulässig sein muss. Insbesondere bei Raummodulen muss ergänzend das Transport- und Hebegewicht berücksichtigt werden.

Dennoch konnte im Vorhaben gezeigt werden, dass auch bei Raummodulen mit nur zwei Längenmaßen nahezu alle Anforderungen hinsichtlich der Wohnungsgrößen und Wohnflächen zu erfüllen sind, und der mit diesen Maßen herzustellende Grundrisskatalog große Vielfalt zulässt.

Tafelbauweisen haben im Vergleich zu Raummodulen einen etwas höheren (maßlichen) Parametrisierungsgrad, weisen aber ebenfalls Begrenzungen durch sinnvolle Deckenspannweiten, Transportgrößen und Gewicht auf. In diesem Vorhaben wurde der zweite Systembaukasten mit dem Bausystem ‚Hybride Tafelbauweise‘ entwickelt. Es werden Betonfertigteildecken mit Holztafelbau kombiniert. Auch mit diesem Systembaukasten konnte nachgewiesen werden, dass bis auf wenige Ausnahmen die Vorgaben des Anforderungskataloges in unterschiedlichen Gebäudekonfigurationen erfüllt werden können.

Systembad

Im Forschungsprojekt wurde das Bad im Hinblick auf Kompatibilität zu seriellen, industriellen Herstellungsprozessen im Wohnungsbau untersucht. Die hohe Anzahl und schnelle Folge an Gewerken, die hohe technische Installationsdichte und der hohe Anteil an handwerklichen (nassen) Arbeitsschritten wurden hier als Hauptprobleme erkannt. Es wurde daher untersucht, ob handwerkliche Arbeitsschritte durch reine Montageprozesse ersetzt werden können und technische Komplexität durch ein modulares System reduziert werden kann. Aus den Anforderungen unterschiedlicher Badtypen wurde ein modulares Badsystem entwickelt. In einem nächsten Schritt wurde umgekehrt die Verwendbarkeit unterschiedlicher Badtypen mit den Systembaukästen überprüft. Es hat sich gezeigt, dass mit diesem System eine individuelle, platzsparende und schnelle Planung und Ausführung von Bädern möglich ist. In einem genaueren Maßstab wurde nachfolgend eine Variante für eine prototypische Umsetzung geplant. Vom Projektpartner Max Bögl wird derzeit untersucht, wie das modulare Systembad für die Verwendung in den Raummodulen‘ umgesetzt werden kann. Als Eigenentwicklung stellt das Systembad eine große Herausforderung dar. Beispielsweise ist die Abdichtung der Bäder über Dichtungsprofile aus dem Fassadenbau zwar eine technisch umsetzbare Lösung, sie entspricht nach derzeitigen Stand aber nicht den anerkannten Regeln der Technik.

Das Systembad muss daher in einem nächsten Schritt als industrielles Produkt weiterentwickelt und als solches zur Sicherstellung der bautechnischen Verwendbarkeit geprüft und zugelassen werden. Parallel hierzu sollten die technischen Regelwerke im Hinblick auf veränderte Prozesse im industriellen, seriellen Bauen angepasst werden.

Technische Gebäudeausrüstung

Im Themenfeld der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) wurden die energetische Konzipierung und die Energieplanung für die Systembaukästen entwickelt. Die Bereiche der Heizungstechnik zur

Raumwärmeversorgung und zur Bereitstellung von Trinkwarmwasser, der Wasserver- und Entsorgung bzw. der Sanitärtechnik, der Lüftungstechnik für die Frischluftversorgung und Lüftung zum Feuchteschutz sowie der Elektrotechnik wurden untersucht.

Ziel war die Entwicklung eines nachhaltigen Energiekonzepts für den mehrgeschossigen, sozialen Wohnungsbau unter Berücksichtigung der Aspekte des seriellen Bauens. Zu diesem Zweck wurden energieeffiziente und erneuerbare Energien nutzende Anlagentechnik und deren Komponenten systematisch untersucht.

Eine wichtige und viel diskutierte Komponente bei der Planung Technischer Gebäudeaus-rüstung für den mehrgeschossigen Wohnungsbau ist die **Wohnraumlüftung**. Insbesondere wurde die Notwendigkeit einer mechanischen Lüftung zur Sicherstellung des Bautenschutzes bzw. zur Vermeidung möglicher Überfeuchtung von Bauteilen (Feuchte-schutz) untersucht. Als notwendiger Mindest-Luftwechsel zum (Feuchte-)Schutz der Bausubstanz wurde eine Luftwechselrate von 0,2/h ermittelt.

Als Energieversorgungsvarianten wurden verschiedene Systeme der Technischen Gebäudeaus-rüstung auf deren energetisch optimierten Einsatz im Wohnungsbau untersucht. Anhand primärenergetischer Analysen auf Basis von thermischen Gebäudesimulationen konnte gezeigt werden, dass durch das Zusammenspiel von hoch-wärmege-dämmter Gebäudehülle und fortschreitender positiver Veränderung des Energiemix in Deutschland eine Heizungsvariante mit dem Energieträger Strom (Direktheizung) aus primärenergetischer Sicht das energetisch beste Versorgungssystem darstellt.

Gleichzeitig wurde die Überprüfung und Bewertung von technischen Systemen auf deren Kosteneinfluss und systemspezifische Umsetzbarkeit vorgenommen. Mit besonderem Augenmerk auf die Kosteneffizienz bei gleichzeitig geringem Wartungsaufwand erwies sich für den sozialen Wohnungsbau die Versorgungsvariante mit elektrischen Heizkörpern und semizentralem Lüftungssystem als besonders gut geeignet.

Im weiteren Planungsprozess wurde der Fokus auf standardisierte und industriell vorgefertigte Einzelkomponenten mit modularisiertem Aufbau gelegt, um in der Errichtung sowie Instandhaltung und Instandsetzung maximale Kostensenkungen generieren zu können. Die Rückkopplung der Gebäudetechnik zum Systembaukasten erfolgte durch die Erstellung und Definition von TGA-Zonen. Dabei werden einzelne Bauteile und Komponenten der Technischen Gebäudeaus-rüstung zu abschnittweisen TGA-Zonen zusammengefasst. Dieser Schritt bewirkt eine deutliche Vereinfachung sowie Über-

schaubarkeit der Anlagentechnik und ermöglicht den prinzipiellen Aufbau der TGA im Systembaukasten. Als „TGA-Zone 3“ wird beispielsweise die Verteilung innerhalb der Wohneinheiten und deren technische Einrichtungsgegenstände wie z. B. Versorgungspanel, Sanitärgegenstände, dezentrales Frischwassermodul, etc. definiert. In diesem Bereich befinden sich auch die Wärmeabgabesysteme, deren (Über-)Dimensionierung genauer untersucht wurde. Es wurde das normkonforme Berechnungsverfahren mit einer simulationsgestützten Heizlastberechnung verglichen. Dabei konnte gezeigt werden, dass die zu installierende Heizleistung von Wärmeabgabesystemen durch genauere Simulationen deutlich reduziert wird und somit eine Überdimensionierung vermieden werden kann.

Ein weiterer Schritt für eine kostenreduzierte und planungsprozessoptimierte Bauweise ist ein industriell vorgefertigter Versorgungsschacht, der universell in allen möglichen Wohnungsgrundrissen flexibel einsetzbar ist. Der im Rahmen dieses Forschungsprojektes entwickelte Technikschaft kann vom Erdgeschoss bis zum Dachgeschoss ohne Verzug integriert werden und ist als Element des industriellen Bauens für Gebäude mit bis zu fünf Geschossen zu verstehen.

Prozessoptimierung und Digitalisierung

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde eine komplette Betrachtung der Anwendung digitaler Werkzeuge vorgenommen, wobei neben einer Prüfung der Umsetzbarkeit auch das Potential von Kosteneinflüssen durch die Anwendung digitaler Werkzeuge abgeschätzt wurde. Die planungstechnische Umsetzung eines Systembaukastens wurde erfasst und es wurde ermittelt, welche Bedeutung diese neuartige Systematik konkret für die verschiedenen Anwender und Akteure darstellt. Es wurde aufgezeigt, welche Dimensionen die Digitalisierung in der Baubranche annimmt und mit welchen Methoden und Werkzeugen diese umgesetzt wird. Die wesentlichen digitalen Werkzeuge in Bezug auf eine Gebäudekonfiguration mit einem Systembaukasten wurden mit der automatisierten Planprüfung und dem Gebäude-Konfigurator vorgestellt. Dass diese digitalen Werkzeuge nicht nur theoretisch funktionieren, sondern tatsächlich innerhalb der beiden Referenz-Systembaukästen (Bausystem-Raummodule und Bausystem-Flächenelemente) anwendbar sind wurde durch die prototypische Umsetzung des Konfigurators und durch die dargestellten Kollisionsprüfungen mit dem Solibri Model Checker nachgewiesen.

Schlussendlich wurde die Anwendung der digitalen Werkzeuge anhand von Prozessanalysen bewertet. Es konnte damit nachgewiesen werden, dass die standardisierte Planung mittels eines Systembaukastens sowohl für die Bausystemhersteller als auch für die Wohnungsbaugesellschaften

einen Mehrwert bedeutet. Beide Akteure verzeichnen in der Prozessanalyse eine Verschlankeung der Prozesse, sowie Kosteneinsparpotentiale.

Kosten

Ziel innerhalb des Projektes war es, einen Systembaukasten zu entwickeln und beispielhaft unterschiedliche Gebäudetypologien abzubilden, multikriteriell zu analysieren und zu bewerten. Hierfür wurden neben einer EnEV Betrachtung Lebenszykluskostenrechnungen (LCC) und Ökobilanzen (Life Cycle Assessment, LCA) für die verschiedenen anlagentechnischen Varianten und Ausbauvarianten (Regelfall und Suffizienz) erstellt. Durch die angewendete Lebenszyklusbetrachtung ist es möglich, Optima über den gesamten Lebenszyklus zu finden, da die Auswirkungen nicht nur für eine Lebenszyklusphase oder einen Aspekt betrachtet werden. Zusätzlich wurden wichtige Rahmenbedingungen der Analysen variiert - wie z.B. die Diskontierungsrate und Betrachtungsdauer - um aufzuzeigen, inwieweit die Wahl der Rahmenbedingungen das Ergebnis beeinflusst. Insgesamt konnte durch die Betrachtung der Bausysteme der Industriepartner eine Bandbreite möglicher Ergebnisse für den Systembaukasten erstellt werden. Weiterhin konnten wichtige Stellgrößen (Energiebedarf, Art der Energiebereitstellung, Bauweise) identifiziert werden, auf die bei der Entwicklung eines Systembaukastens eingegangen werden muss, um hinsichtlich LCC und LCA gute Ergebnisse zu erzielen. Außerdem wurden Punkte identifiziert, die mit gewisser Unsicherheit behaftet sind und das Ergebnis beeinflussen, wie z.B. Betrachtungsdauer, Personen im Gebäude und Diskontierungssatz.

Für eine genauere Analyse möglicher Kosten-Einsparpotentiale ist es unabdingbar, eine Prozessbetrachtung der Fertigungsmethoden durchzuführen, vergleichend für industrielles als auch für konventionelles Bauen. Hierbei könnte auch die Entwicklung von firmenspezifischen Schnittstellen (z.B. zu Konfiguratoren oder Product-Lifecycle-Management Software) oder eine ifc Schnittstelle eine entscheidende Rolle spielen. Teilweise werden diese Schnittstellen bereits in Forschungsprojekten wie z.B. „BIM2LCA4IP“ erarbeitet und stehen künftig zur Verfügung. Dies würde den Arbeitsaufwand stark vereinfachen. Weiterhin könnten LCA Rechenkerne zur automatischen Erstellung von Umweltproduktdeklaration (engl. Environmental Product Declaration, EPD) eine Vereinfachung darstellen. Außerdem wäre es interessant mehrere Blickwinkel (Architekt, Investor, Wohnbaugesellschaft, etc.) für die Lebenszykluskostenrechnung zu ermöglichen. Damit würden sowohl die LCA als auch die LCC Betrachtung von einem bisher reinen Nachweisinstrument hin zu einem Werkzeug der Entscheidungsunterstützung entlang des gesamten Lebensweges werden und für die Beteiligten einen Mehrwert bieten.

Fazit und Empfehlungen

Es konnte gezeigt werden, dass die Entwicklung von Systembaukästen für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau möglich ist. Es kann ein hoher Vorfertigungsgrad erreicht werden, dieser ist aber keine zwangsweise Voraussetzung.

Ein Systembaukasten kann eine Reihe von Parametrisierungen enthalten (Längenmaße, Fenstergrößen, Fassadensystem, Anhänge wie Balkone und Laubengänge, usw.), muss aber zur Begrenzung der Parameter **ein** definiertes Bausystem abbilden.

Fehlende Baugruppen können jederzeit der Gesamtsystematik folgend dazu entwickelt werden.

Selbstverständlich sind Mischformen aus Flächenelementen und Raummodulen denkbar. So erscheint es sinnvoll, Bad- und Technikmodule als Raummodule mit der damit verbundenen Vorfertigung auch Technischer Gebäudeausrüstung herzustellen und die geringeren Transportvolumina und die größere maßliche Flexibilität von Flächenmodulen zur Errichtung der anderen Bauteile zu verwenden.

Industrielles Bauen mit Systembaukästen erlaubt Parametrisierungen in gewissem Umfang, diese sind aber insbesondere bei den Gesamtabmessungen der Gebäude beschränkt. Systembaukästen in Tafelbauweisen weisen eine etwas größere Flexibilität auf als Raummodule. Für Grundstücke mit bestimmten geometrischen Zwängen gilt aber für beide Bauweisen, dass die Maximierung der Ausnutzung der Grundstücke (GFZ) nicht immer erreicht werden kann. Es ist also seitens der Bauherren abzuwägen, ob die Vorteile der Anwendung eines Systembaukastens die Nachteile des etwas geringeren Ausnutzungsgrades kompensieren. Es sollten unter Berücksichtigung der qualitativen und zeitlichen Aspekte Lebenszykluskosten-Berechnungen durchgeführt werden.

Langfristig sind deutliche Kostensenkungen erreichbar, da insbesondere die heute ständig erforderlichen Anpassungsplanungen (Übertragung der Ausführungsplanungen auf Werkstattzeichnungen) wegfallen, BIM zu einer sinnvollen Anwendung geführt wird und wie in allen Massenproduktionen Serieneffekte eintreten werden.

Weitere Kosteneffekte sind dann zu erwarten, wenn Suffizienzpotentiale ausgeschöpft werden, z.B. durch die Umsetzung intelligenter Raumnutzungskonzepte und die gegenüber heutigen Standards weitergehende Ausstattung von Mietwohnungen mit Einbaumöbeln oder Küchengeräten wie es in den nordischen Ländern heute schon üblich ist.

Beinahe paradox: Flexibilisierungen sind an verschiedenen Stellen notwendig, um industrialisiertes Bauen mit Systembaukästen und weitere Kostensenkungen zu ermöglichen:

- Bebauungspläne-Pläne müssen Öffnungsklauseln enthalten, z.B. um das Maß der baulichen Nutzung sowie Baulinien zu flexibilisieren oder eine Wahlfreiheit für Staffelgeschosse einräumen, da diese mit Raummodulen praktisch nicht, mit Tafelbauarten nur mit großem Zusatzaufwand zu realisieren sind.
- Förderrichtlinien für den sozialen Wohnungsbau sollten zwar dringend länderübergreifend harmonisiert werden, aber mögliche Über- und Unterschreitungen von Wohnflächen in bestimmten Grenzen zulassen, um die Anwendung von Baugruppen einschl. der Erzielung des gewünschten Wohnungsmixes zu unterstützen
- Eine Flexibilisierung der ENEV könnte zu schnellerem Einsatz von Stromdirektheizungen führen
- Warmmietmodelle und der Verzicht auf wohnungsindividuelle Abrechnung von Nebenkosten in staatlichen Unterstützungsprogrammen verringern Herstell- und Unterhaltungskosten
- Und natürlich muss es zu einer Flexibilisierung in den Köpfen der Planer und Bauherren kommen

Ausblick - Open-source Systembaukästen

Einer der wohl auch historischen Fehler bei der Weiterentwicklung industriellen Bauens ist die immer - teilweise stillschweigend - vorhandene Annahme, ein industrialisiertes Bausystem sei an ein spezifisches Unternehmen oder eine Unternehmensgruppe gebunden und müsse entsprechend weitgehend vollständig aus einer Hand angeboten werden. Diese Schlussfolgerung löst ebenso die Frage, wer bei der Bauausführung die Verantwortung übernimmt, eben der Hersteller des Bausystems, der gleichzeitig als Generalunternehmer auftritt. Und sie lässt sich aus der Situation in anderen Branchen ableiten. Diese Annahme lag daher ebenso diesem Vorhaben zu Grunde, auch um entsprechende Kostenberechnungen und Kostensicherheit generieren zu können. Letztlich hat dies auch zur Auswahl der Projektpartner geführt. Dabei hat sich gezeigt, dass dieses Vorgehen zwar firmenspezifisch erfolgreich umgesetzt werden kann, allerdings ist auch eine Reihe von Nachteilen damit verbunden:

- Für die Entwicklung eines firmenspezifischen Systembaukastens sind hohe planerische Aufwendungen erforderlich
- Je nach vorgesehenem Vorfertigungsgrad sind hohe Einzelinvestitionen erforderlich, insbesondere bei der Fertigung von Raummodulen

- Auf Grund der hohen Anfangsinvestitionen sind schnelle Kosteneffekte nicht zu erwarten, da die anbietenden Unternehmen in einem Markt hoher Nachfrage den Regeln freier Marktwirtschaft folgen und versuchen werden ihre Investitionen möglichst rasch und risikoarm zu amortisieren
- Bereits ab der Vorplanung müssen sich der Nachfragende und seine Planer auf einen Anbieter fokussieren, mit den benannten Schwierigkeiten bei der Notwendigkeit öffentlicher Vergabeverfahren
- Bei Raummodulen ergeben sich aus produktionstechnischen Gründen meist feste Längenmaße und daraus feste Gebäudebreiten. Um optimale Grundstücksausnutzungen zu ermöglichen, müssten daher entsprechende Bauweisen schon bei der Festsetzung der Bebauungspläne berücksichtigt werden

Aufbauend auf den Ergebnissen dieses Vorhabens könnten nun im nächsten Schritt bauweisen-spezifische aber firmenunabhängige Systembaukästen entwickelt werden. Sie sind zwar im Sinne der Abbildung 15 geschlossene Bausysteme. Aber sie nutzen Elemente verschiedener Hersteller, obwohl die Kombination festgelegt ist. Derartige Systembaukästen können ebenso mittels Konfiguratoren durch unabhängige Planer verwendet werden. Die vollständigen Werkstattzeichnungen sind aus solchen Konfiguratoren ebenfalls zur Verfügung zu stellen, Anpassungsplanungen entfallen damit. Ein wesentlicher Vorteil eines oder mehrerer Systembaukästen aus ubiquitär verfügbaren Bausystemen wäre eine nach den Regeln öffentlicher Vergabe konfliktfreie Ausschreibung. Zudem entfallen für Bausysteme, deren Produktionen bereits flächendeckend Produktionsmittel vorhanden sind (z.B. Flächenelemente in Beton- oder Holzbauweise, Fertigbadmodule), die hohen Anfangsinvestitionen. Zu klären ist allerdings, wer die abschließende Koordination der Bauabwicklung übernimmt und wie genau die vertragliche Gestaltung von Planungs- und Ausführungsvereinbarungen auszusehen hat.

Ideal wäre ein OpenSource-System, das von einer unabhängigen Organisation getragen wird und die weiteren Entwicklungen und die Ergänzung weiterer Baugruppen zulässt - damit wäre eine echte Industrialisierung erreicht. Die Unabhängigkeit von Einzelfirmen könnte zudem die Akzeptanz bei Planenden deutlich erhöhen. Und insbesondere Generalplanern ein sehr sinnvolles Aufgabengebiet geben. Denn im Regelfall sind ohnehin zu den Systembaukästen Zusatzleistungen erforderlich, von der Außenanlagenplanung bis zur Tiefgarage. Über eine Datenbank, die ähnliche der Strombörse auch zur Abwicklung von Angeboten und Nachfragen dienen kann, können die bei der Anwendung von Konfiguratoren notwendigen Preisallokationen erfolgen, um aus den Konfigurationen heraus eine sofortige, erste Preisangabe zu erreichen. Für die Errichtung des Systembaukastens müssen

langfristig die entsprechenden Einzelanbieter zur Verfügung stehen, also Hersteller von Bauteilen des jeweiligen Bausystems über Technikmodule bis hin zu qualifizierten Montagebetrieben.

Um eine Industrialisierung im Bauwesen flächendeckend umzusetzen ist also ein Umdenken auf allen Seiten erforderlich:

- Planer müssen lernen mit stärker vorgegebene Randbedingungen umzugehen und ihre Kreativität zur Gestaltung mit diesen Systemen nutzen - die ‚Erfindung eines neuen Details pro Tag‘ kann dafür entfallen. Ggf. werden sie auch der Organisator der Bauabwicklung.
- Ausführende müssen lernen ihre Position auf dem Markt nicht unbedingt durch das ‚firmeneigene‘ Produkt zu stärken, sondern durch eine Produktions- und Leistungsoptimierung, die sich auf Preis, Qualität und Lieferfähigkeit auswirkt.
- Bauherren müssen lernen, andere Optimierungsstrategien anzuwenden. Die erreichbare GFZ kann nicht mehr neben dem Preis das alleinige Entscheidungskriterium sein. Ausführungsqualität und -geschwindigkeit und die standardisierte Anwendung von Lebenszykluskosten-Analysen sind zu berücksichtigen
- Bund und Länder müssen die regulatorischen Rahmenbedingungen für industrielles Bauen schaffen, s.o.

Ein großer Schritt hin zum industriellen Bauen ist heute möglich, aber alle müssen wollen!

Glossar

Barrierefrei nach DIN 18040-1	Im öffentlichen Bereich schließt der Begriff „barrierefrei“ automatisch auch immer die Rollstuhlgerechtigkeit mit ein. Das bedeutet überall im öffentlichen Bereich und auf dem Weg bis hinter die Wohnungseingangstür werden z.B. Bewegungsflächen von 150 cm x 150 cm und lichte Türdurchgangsbreiten von 90 cm etc. gefordert. Die Anforderungen an die Infrastruktur der Gebäude mit Wohnungen berücksichtigen grundsätzlich auch die uneingeschränkte Nutzung mit dem Rollstuhl. Uneingeschränkte Nutzbarkeit mit dem Rollstuhl bezieht sich auf die geometrischen Anforderungen, die sich aus den zugrunde gelegten Abmessungen von Standardrollstühlen (maximale Breite 70 cm und maximale Länge 120 cm) ergeben.
barrierefrei nutzbaren Wohnungen nach DIN 18040-2	In einer barrierefreien Wohnung geht man nicht von einer Rollstuhlnutzung aus. Bei einer barrierefreien Wohnung reicht beispielsweise eine lichte Türdurchgangsbreite von 80 cm aus.
barrierefrei und uneingeschränkt mit dem Rollstuhl nutzbare Wohnungen nach DIN 18040-2	<p>In einer „barrierefrei und uneingeschränkt mit dem Rollstuhl nutzbare Wohnungen nach DIN 18040-2“ geht man von einer Rollstuhlnutzung aus. Die Rollstuhlgerechtigkeit beinhaltet alles, was die „Barrierefreiheit nach DIN 18040-1“ auch fordert. Darüber hinaus sind bei der Rollstuhlgerechtigkeit noch weitere Anforderungen zu erfüllen. So wird z.B. durch die sogenannten "R – Anforderungen" der DIN 18040-2 dem höheren Raumbedarf eines "Norm-Rollstuhlfahrers" Rechnung getragen. Bei einer „barrierefreien und uneingeschränkt mit dem Rollstuhl nutzbare Wohnung“ wird beispielsweise eine lichte Türdurchgangsbreite von 90 cm gefordert.</p> <p>Die zusätzlichen oder weitergehenden Anforderungen an Wohnungen für eine „barrierefreie und uneingeschränkte Rollstuhlnutzung“ sind mit einem R kenntlich gemacht.</p>
Baugruppe-Gebäude (BG-G)	Eine Baugruppe-Gebäude (BG-G) ist eine Zusammenstellung von gleichen oder unterschiedlichen typisierten Wohnungen über die Geschosse in Form einer 3D-BIM Planungseinheit
Baugruppe-Typengeschoss (BG-T)	Baugruppen-Typengeschosse sind Anordnungen von Wohnungen, die unter Berücksichtigung des Baurechts (Fluchtwege) und der Wirtschaftlichkeit (Anzahl der Treppen und Lifte, TGA) optimiert sind und damit idealerweise für die Entwicklung der städtebaulichen Konfigurationen herangezogen werden.
Baukasten [2.4]	Ein Baukasten ist eine Sammlung einer gewissen Anzahl verschiedener Elemente, aus welchen sich verschiedene Dinge zusammensetzen lassen.
Baukastensystem [2.6]	Ein Baukastensystem besteht aus einer Anzahl von Bausteinen, die anwendungsspezifisch ausgewählt und unter Beachtung von Verträglichkeiten miteinander kombiniert werden, um in einem begrenzten Anwendungsbereich Baukastenprodukte zu konfigurieren. Bausteine als Objekte eines Baukastensystems (z.B. Maschinen, Baugruppen oder Einzelteile) konfigurieren Baukastenprodukte. Sie besitzen normierte Gestalt- und Werkstoffeigenschaften, sind aufeinander abgestimmt, konkret oder abstrakt und können aus (weniger komplexen) Bausteinen bestehen. Beim konfigurieren werden Bausteine nach einem vorgedachten Zweck angeordnet ohne ihre Gestalt zu verändern.
Baumusterplan [2.5]	Der Baumusterplan zeigt nur charakteristische Kombinationsmöglichkeiten in sinnvoller Auswahl aus der möglichen, unübersehbaren Vielzahl der Kombinationen.

Bauprogramm [2.5]	Im Bauprogramm sind sämtliche Kombinationsmöglichkeiten, die ausgeführt werden sollen, dargestellt.
Bausystem [2.3]	In einem Bausystem wird die Summe aller Elemente sowie deren Kombination planmäßig festgelegt.
Bauweise [2.10]	<p>Im Bauwesen versteht man unter Bauweise die Art und Weise, in der ein Bauwerk errichtet wird. Bauweisen werden nach verschiedenen Merkmalen kategorisiert:</p> <ul style="list-style-type: none">• Material: Holzbauweise, Mauerwerksbauweise, kombinierte Bauweise, hybride Bauweise, etc.• Baukonstruktion: Leichtbauweise, Massivbauweise, etc.• Montage der Bauteile: Fertigteilmontagebauweise, Großtafelbauweise, Raumzellenbauweise, etc.• Art der Herstellung: Nass- oder Trockenbauweise• Tragwerk: Skelettbauweise, Schottenbauweise, etc.
Industrialisiertes Bauen	Standardisierung sowohl des Planungs- Produktions- als auch Bauprozesses mit dem Ziel maximaler Rationalisierung.
Industrielles Bauen [2.1]	<p>Industrielles Bauen wird auch als die Kombination von verfahrenstechnischen und strategischen Maßnahmen bezeichnet. Verfahrenstechnisch lässt sich dies durch standardisierte Bauverfahren, Bauteile und Baustoffe, den Einsatz vorgefertigter Bauteile und auch durch die zunehmende Automatisierung auf Baustellen (z. B. Bauroboter) realisieren.</p> <p>In strategischer Hinsicht besteht industrielles Bauen aus einem optimierten Produktions- und Angebotsprogramm, der Unterstützung bei der Planung neuer Bauprojekte und einer verstärkten Vorbereitung der Arbeitsprozesse. Diese Strategien lassen sich durch den Einsatz von CAD- und CIM-Systemen, einer prozessorientierten Organisation und neuen Kooperationsnetzwerken umsetzen.</p>
Industriestandard	Unter einem Industriestandard wird ein technischer Standard verstanden, der von Industrieunternehmen definiert wurde und sich durch eine freiwillige Übernahme (Akzeptanz) der Wirtschaftsakteure am Markt etabliert hat.
Konfigurator [Nikolas Fähnrich]	Mit der „kundenindividuellen Massenproduktion“ ist ein Trend zu beobachten, der Produkte hervorbringt, die trotz hoher Individualität zu Preisen angeboten werden, die nur mit Hilfe von Massenfertigungsverfahren zu erreichen sind. Diese Strategie setzt weitgehend modularisierte Produktstrukturen voraus, die zusätzlich Modifikationen und Änderungen an einzelnen vorentwickelten Produktkomponenten erlauben. Eine derartige Vorgehensweise, bei der die Festlegung des endgültigen Produkts als Zusammenstellung von vorentwickelten Komponenten erfolgt, wird als „Konfiguration“ bezeichnet.“
Serielles Bauen	Überbegriff für Bauweisen, die auf Grund von Standardisierungen einen Wiederholungsfaktor implizieren mit dem Versprechen von Vereinfachung und damit Kostenersparnis. Gegensatz zu individualisiertem Bauen.
System [2.2]	Ein System ist ein aus mehreren Teilen bestehendes geordnetes Ganzes
Systembaukasten	Ein Systembaukasten ist ein Baukastensystem eines spezifischen Systems, beispielsweise eines speziellen Bausystems. Mit einem Systembaukasten können Produkte in einem Anwendungsfeld erstellt werden. Im Forschungsprojekt ist das

Anwendungsfeld der industrialisierte soziale Wohnungsbau. Ein Systembaukasten ist also ein mögliches Baukastensystem.

Vorfertigung

Als Vorfertigung wird die fabriks- oder serienmäßige Produktion von Bauteilen verstanden, die erst später zum Endprodukt zusammengebaut werden.

Literaturverzeichnis

- [1.1] Pestel Institut (2015): Kurzstudie Modellrechnung zu den langjährigen Kosten und Einsparungen eines Neustarts des sozialen Wohnungsbaus sowie Einschätzung des aktuellen und mittelfristigen Wohnungsbedarfs.
- [1.2] Studie Wohnungsbautag 2017: Wohnraumbedarf in Deutschland und den regionalen Wohnungsmärkten Endbericht; Prognos AG Europäisches Zentrum für Wirtschaftsforschung und Strategieberatung; 31.05.2017
- [1.3] Bertelsmann Stiftung (2017): Entwicklung der Altersarmut bis 2036; Trends, Risikogruppen und Politikszenerarien
- [1.4] Neubauer, B.; Ehrentraut, O. (2015): Studie Arbeitslandschaft 2040, Prognos AG.
- [1.5] Neitzel, M. (2015): Bündnis für bezahlbaren Wohnraum - Bericht der Baukostensenkungskommission. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
- [1.6] KoWo mbH Erfurt (2015): Zwischenbericht zum Abschluss des Vorprojektes „Bauen mit Weitblick. Bezahlbar zusammenwohnen. Individualität zu Großserienpreisen.“, KoWo mbH Erfurt, gefördert mit Mitteln des Thüringer Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft, 30.11.2015; unveröffentlicht
- [2.1] Bärthel, Jan (2002): Industrielles Bauen. Leitfaden für KMU-Geschäftsführer. Zürich (vdf Hochschulverlag AG)
- [2.2] Nitsche, H. (1952): Grundlagen von Normensystemen; Dissertation TH Hannover
- [2.3] Rosenthal, M., Dörrhöfer, A. and Staib, G. (2013): Elemente und Systeme: Modulares Bauen – Entwurf, Konstruktion, neue Technologien
- [2.4] Nasvytis, A. (1953): Die Gesetzmäßigkeiten kombinatorischer Normen
- [2.5] Borowski, K.H. (1961): Das Baukastensystem in der Technik
- [2.6] Kohlhase, N. (1997): Strukturieren und Beurteilen von Baukastensystemen, Düsseldorf: VDI-Verlag
- [2.7] Schulze, D. (1996): Wohnbauten in Fertigteilbauweise (Baujahre 1958 – 1990) – Übersicht. 2.Aufl. / hrsg. vom Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. (IEMB); ISBN 3-8167-4125-8
- [2.10] Moro, José Luis (2008): Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail. Band 1 Grundlagen; Berlin Heidelberg New York (Springer-Verlag).
- [3.1] GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V. (2013): Studie Wohntrends 2030; ISBN 978-3-648-05057-6
- [3.2] Jocher, T., Mühlthaler, E., Gerhards, P., (2016): ready | vorbereitet für ein altersgerechtes Wohnen; Schriftenreihe „Zukunft bauen: Forschung für die Praxis“, Heft 01; ISBN 978-3-87994-796-6
- [3.3] Schmitt, G., et. al. (2012): „IBA Berlin 2020 - Kurzüberblick/Projektrecherche - Besondere Wohnformen“
- [3.4] Brech, J., et. al. (2010): „Ästhetische Nachhaltigkeit“, Wohnbundinformationen I+II/10; Wohnbund e.V.
- [3.5] BMUB (2017): Soziale Wohnraumförderung
- [3.6] Das Zweite Buch Sozialgesetzbuch – Grundsicherung für Arbeitsuchende – in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. Mai 2011 (BGBl. I S. 850, 2094), das zuletzt durch Artikel 20 des Gesetzes vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2541) geändert worden ist
- [3.7] Mindeststandards für den sozialen Wohnungsbau
- [3.8] Held T., Waltersbacher M. (07/2015): BBSR-Analysen Kompakt - Wohnungsmarktprognose 2030; ISBN 978-3-87994-688-4

- [3.9] IfS Institut für Stadtforschung und Strukturpolitik GmbH (2010): Strategien der Kommunen für ihre kommunalen Wohnungsbestände – Ergebnisse einer Kommunalbefragung; ISBN: 978-3-87994-477-4
- [3.10] Korab, R., Romm T., Schönfeld A. (2010): einfach sozialer wohnbau – aktuelle Herausforderungen an den geförderten Wiener Wohnbau und Eckpfeiler eines Programms „einfach sozialer wohnbau“
- [3.11] Dungl, L. (2012): Entwurfs-und Planungsparameter für kostengünstigen Wohnungsbau Wien; ArchiMedia ZT GmbH
- [3.12] Stamm-Teske, W. (2010): Raumpilot Wohnen; ISBN: 978-3782815284Grundrissfibel Stamm-Teske
- [3.13] Musterbauordnung (MBO) Fassung November 2002; zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016
- [4.1] Rosenthal, M., Dörrhöfer, A. and Staib, G. (2013): Elemente und Systeme: Modulares Bauen – Entwurf, Konstruktion, neue Technologien
- [4.2] Schneider, R. A., Rieck, K. (2012): Komplexität in der Automobilindustrie am Beispiel Baukastenstrategie, in Informatik 2012: Was bewegt uns in der/die Zukunft? ; 42. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V.; TU Braunschweig, pp. 863–873.
- [4.3] Göpfert, J. (1998): Modulare Produktentwicklung - Zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organisation, Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag
- [4.4] Adam, D. (1998): Produktions-Management, Wiesbaden: Springer Fachmedien
- [4.5] Borowski, K. H. (1961): Das Baukastensysteme in der Technik
- [4.6] Tretow, G., Hoffmann, L. J. (2015): Mit modularen Produktbaukästen den Unternehmenserfolg steigern, Konstruktion - Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieur-Werkstoffe, 7/8, pp. 79–82.
- [4.7] Feldhusen, J., Grote, K.-H. (2013): Konstruktionslehre - Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung, Berlin: Springer Vieweg
- [4.8] Ehrlenspiel, K., Kiewert, A., Lindemann, U., Mörtl, M. (2014): Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren, Berlin: Springer Vieweg
- [4.9] Schuh, G. (2012): Innovationsmanagement, Springer Vieweg
- [4.10] Renner, I. (2007): Methodische Unterstützung funktionsorientierter Baukastenentwicklung am Beispiel Automobil
- [6.1] DIN 18040-2 Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 2: Wohnungen - Beuth Verlag
- [6.2] VDI-Richtlinie VDI 6000 - Ausstattung von und mit Sanitärräumen - Blatt 1 Wohnungen
- [6.3] Verordnung zur Ausführung des Pflege- und Wohnqualitätsgesetzes (AVPfleWoqG) Teil 1 §2
- [6.4] Der Raum – Das Bad; Dokumentation des Forschungsprojektes; Lehrstuhl für Industrial Design, Technische Universität München; www.id.ar.tum.de
- [6.5] Jocher, T., Mühlthaler, E., Gerhards, P., (2016): ready | vorbereitet für ein altersgerechtes Wohnen; Schriftenreihe „Zukunft bauen: Forschung für die Praxis“, Heft 01; ISBN 978-3-87994-796-6
- [6.6] VDI/BV-BS-Richtlinie VDI/BV-BS 6000 - Ausstattung von und mit Sanitärräumen - vorgefertigte Sanitär-Bauelemente - Blatt 1.1
- [6.7] Sachwertrichtlinie - SW-RL – Anlage 3; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
- [6.8] Bad-Grundlagenstudie 2011/2012; Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) im Auftrag des VDS
- [7.1] DIN 1946-6: Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung, Deutsche Norm, 2009

- [7.2] Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen, 2009
- [7.3] Wufi-Plus: Gebäudesimulationssoftware, Fraunhofer-Institut für Bauphysik
- [7.4] Wufi-Bio: Gebäudesimulationssoftware, Fraunhofer-Institut für Bauphysik
- [7.5] Gramm, R. (2016): Feuchteschutzlüftung im sozialen Wohnungsbau, Masterarbeit, Technische Universität München, Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen
- [7.6] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2015): Energieeffizienzstrategie Gebäude – Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand
- [7.7] DIN EN 12831: Heizsysteme in Gebäuden-Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, Deutsche und europäische Norm, 2003
- [7.8] DIN 4703-3: Raumheizkörper - Teil 3: Umrechnung der Norm-Wärmeleistung, Deutsche Norm, 2000
- [7.9] VDI 6030-1: Auslegung von freien Raumheizflächen - Grundlagen, Auslegung von Raumheizkörpern, Richtlinie, 2002
- [7.10] Dornmair, R., Kuhn, P. (2017): Dynamische Primärenergiefaktoren-Konzept mit einem Stromsystemmodell, Forschungsbericht Technische Universität München
- [7.11] VDI 6002-1: Solare Trinkwassererwärmung - Allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau, Richtlinie, 2014
- [7.12] DIN 18017-3: Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren, Deutsche Norm, 2009
- [7.13] DIN EN 15650: Lüftung von Gebäuden - Brandschutzklappen, Deutsche und europäische Norm, 2017
- [7.14] Deutschen Instituts für Bautechnik: Abteilung III, Informationen aus dem Zulassungsbereich „Absperrvorrichtungen gegen Feuer und Rauch in Lüftungsleitungen“, 2012
- [8.1] Borrmann, A.; König, M.; Koch, C.; Beetz, J. (Hrsg.), (2015): Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- [8.2] Eastman, C., Lee, J., Jeong, Y., Lee, J., (2009): Automative rule-based Checking of building designs. Automation in Construction, Vo. 18 Issue 8, S. 1011-1033.
- [8.3] Solibri, 2014: Solibri Model Checker V9: SMC - so geht's
- [9.2] NaWo 2016: Nachhaltiger Wohnungsbau; <http://www.nawoh.de/downloads/kriteriensteckbriefe>
- [9.1] BNB 2016: Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen; <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem.html>
- [9.3] Walberg et al. (2014): Optimierter Wohnungsbau – Untersuchung und Umsetzungsbetrachtung zum bautechnisch und kostenoptimierten Mietwohnungsbau in Deutschland
- [9.4] Itten, R., Frischknecht, R. (2014). LCI of the global crystalline photovoltaics supply chain and Chinese multi-crystalline supply chain

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Zeitplan Gesamtprojekt BAUEN MIT WEITBLICK (BmW) der KoWo.....	3
Abbildung 2 Ursprüngliche Zieldefinition des Forschungsantrages (Bauen mit Weitblick; Abkürzung BmW)	4
Abbildung 3 Projektteam Bauen mit Weitblick.....	8
Abbildung 4 Themenfelder und iteratives Vorgehen im Projekt.....	9
Abbildung 5 Iterativer Planungsablauf zur Erprobung entwickelter Konzepte mittel Referenzgebäuden	10
Abbildung 6 Wohnanlage Ölzbünt Dornbirn, 1997, (Arch Hermann Kaufmann).....	15
Abbildung 7 Methodisches Vorgehen im Anforderungsmanagement.....	21
Abbildung 8 Nutzer- und Betreiberanforderungen	23
Abbildung 9 Analyse der Förderrichtlinien für den sozialen Wohnungsbau der Bundesländer in Deutschland.....	24
Abbildung 10 Förderfähige Wohnungsgrößen der Bundesländer in Deutschland, Stand Dez. 2017	25
Abbildung 11 Gestalterischen und architektonischen Anforderungen	27
Abbildung 12 Technische Anforderungen	28
Abbildung 13 Erklärung der Anforderungssystematik	31
Abbildung 14 Merkmale eines Bausystems [4.1].....	62
Abbildung 15 Vor- und Nachteile von Baukastensystemen [4.9].....	63
Abbildung 16 Produktentwicklung als Transformation einer Funktionsstruktur in eine Produktstruktur nach [4.7]	64
Abbildung 17 Funktionsstruktur - Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau	65
Abbildung 18 Produktstruktur des Systembaukastens für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau	66
Abbildung 19 Übersicht der drei Varianten von Baugruppen-Gebäude (BG-G)	76
Abbildung 20 Erschließungsbaugruppen.....	78
Abbildung 21 Produktstruktur eines Bausystems nach dem Ansatz einer baugruppenorientierten Planung und Ausführung	79
Abbildung 22 Grundrisstypen aus dem Grundrisskatalog - Baugruppen-Wohnung (BG-W)	80
Abbildung 23 Übersicht der drei Varianten von Baugruppen-Gebäude (BG-G)	80
Abbildung 24 Beispielhafte Gebäudetypologie, Punkthaus aus BG-G-So und BG-G-NSo	81
Abbildung 25 Gebäudetypologien im sozialen Wohnungsbau	81
Abbildung 26 Gestalten der Fassade durch die Kombination von Elementen.....	81
Abbildung 27 Geometrische Schnittstellen von Baugruppen.....	83
Abbildung 28 Allgemeingültige Wandaufbauten und deren Dicken	84
Abbildung 29 Geschossgrundriss einer Baugruppe mit der Außenwanddicke gleich der Wohnungstrennwand.....	84
Abbildung 30 Konfiguration von Baugruppen Gebäude (BG-G).....	85

Abbildung 31 Kombinierte Baugruppen mit ersetzten Wänden je nach Schnittstellenart und Darstellung der punktuellen Schnittstellen zur Entwicklung von Leitdetails	86
Abbildung 32 Baugruppen als Regelgeschosse	90
Abbildung 33 Beispiel einer Typengeschossmatrix bei einem Mittelflurgebäude	91
Abbildung 34 Typengeschossmatrix Spannertypologie	92
Abbildung 35 links: Flächenelemente; rechts: Raummodule	101
Abbildung 36 Außenwände Bausystem hybrider Tafelbau	102
Abbildung 37 Zwischendecke des verwendeten Bausystems	103
Abbildung 38 Dach des verwendeten Bausystems	103
Abbildung 39 Produktionsstraße ‚maxmodul‘ auf dem Firmengelände von Max Bögl	104
Abbildung 40 Ausgebautes ‚maxmodul‘	105
Abbildung 41: Maßsystematik System hybrider Tafelbau - lichte Tiefen	107
Abbildung 42: Flexible Anpassung der Grundrisse in Bausystemen aus Flächenelementen	108
Abbildung 43 Grundrisse BASIS-Typ	108
Abbildung 44 Sortenreine Baugruppen-Gebäude	110
Abbildung 45 Sortenrein - Gemischte Baugruppen-Gebäude	111
Abbildung 46 Nicht-Sortenreine Baugruppen	112
Abbildung 47 Punkthaus 1	113
Abbildung 48 Punkthaus 2	114
Abbildung 49 Spänner 1	115
Abbildung 50 Spänner 2	115
Abbildung 51 Spänner-Laubengang	116
Abbildung 52 links: dreidimensionale Darstellung; rechts 1. OG, 2.-4. OG	117
Abbildung 53 links: dreidimensionale Darstellung; rechts: 1./2. OG, 3./4. OG	118
Abbildung 54 links: dreidimensionale Darstellung; rechts: 1.+ 3.OG, 2.+ 4. OG	118
Abbildung 55 links: dreidimensionale Darstellung; rechts: 1.OG, 2.-4. OG	119
Abbildung 56 Sondertyp „Durchgestecktes Wohnen (mit Unterzug), rechts: Kombination BASIS-Grundrisse mit Mikro	120
Abbildung 57 Sondertyp „Durchgestecktes Wohnen in Varianten	121
Abbildung 58 Balkontypologien	124
Abbildung 59 Balkon Brüstungsführungen	126
Abbildung 60 Varianten der Fassadenlinie mit bodentiefen Fenstern und Plattenbekleidung bzw. Putzfassade	127
Abbildung 61 Varianten der Fassadenlinie mit bodentiefen Fenstern und Holzbekleidung	128
Abbildung 62 Maße der beiden Grundmodule im Bausystem Raummodul - Kombination zur Baugruppe-Wohnung	130

Abbildung 63 Typengeschosse aus Raummodulen	131
Abbildung 64 1 Zimmer Wohnung, 2 Module	132
Abbildung 65 2 Zimmer Wohnung, 3 Module	132
Abbildung 66 3 Zimmer Wohnung, 4 Module	133
Abbildung 67 4 Zimmer Wohnung, 5 Module	133
Abbildung 68 Typengeschosse vertikal addiert	135
Abbildung 69 Kombination von Gebäudetypologien.....	136
Abbildung 70 Typisierte Vertikalerschließung	136
Abbildung 71 Typisierte Erschließungselemente	137
Abbildung 72 Typengeschossmatrix für die Typologie Spanner.....	138
Abbildung 73 Grundrisse 1-4.OG Referenzgebäude Regel	139
Abbildung 74 Typengeschoss für die Typologie Punkthaus mit Schemagrundriss	140
Abbildung 75 Varianten des Typengeschosses	140
Abbildung 76 Fensterkatalog mit maximaler Aussparung	142
Abbildung 77 Addition der Fassadenbekleidung	143
Abbildung 78 Addition der Balkonkonstruktion	143
Abbildung 79 Referenzgebäude Regelfall, Grundrisse 1-4 OG	146
Abbildung 80 Referenzgebäude Suffizienz, Grundrisse 1-4 OG	147
Abbildung 81 Referenzgebäude Regelfall, Grundrisse 1-4 OG	148
Abbildung 82 Referenzgebäude Suffizienz V1, Grundrisse 1 und 2/4 OG	149
Abbildung 83 Referenzgebäude Suffizienz V1, Grundriss 4 OG	150
Abbildung 84 Referenzgebäude Suffizienz V2, Grundrisse 1, 2 und 4 OG	150
Abbildung 85 Referenzgebäude Suffizienz V2, Grundriss 3 OG	151
Abbildung 86 Auswertung der Wohnungsgrößen für die Referenzgebäude (R- und S-Standard) im Vergleich zu den förderfähigen Wohnflächenvorgaben des Anforderungskatalogs und der Förderflächen der einzelnen Bundesländer	152
Abbildung 87 Tallinner Straße Variante Punkthaus.....	158
Abbildung 88 Tallinner Straße Variante Großstruktur	159
Abbildung 89 Hanoier Straße Variante Punkthaus.....	161
Abbildung 90 Hanoier Straße Variante Zeilenstruktur	162
Abbildung 91 Tallinner Straße Variante Punkthaus – Isometrische Darstellung	163
Abbildung 92 Tallinner Straße Variante Punkthaus – Regelgeschoss	164
Abbildung 93 Tallinner Straße Variante verdichteter Flachbau – Isometrische Darstellung.....	165

Abbildung 94 Tallinner Straße Variante verdichteter Flachbau – Regelgeschoss.....	166
Abbildung 95 Tallinner Straße Variante kompakter L-Typ – Isometrische Darstellung	167
Abbildung 96 Tallinner Straße Variante kompakter L-Typ - Regelgeschoss	168
Abbildung 97 Hanoier Straße - isometrische Darstellung.....	169
Abbildung 98 Hanoier Straße - Regelgeschoss	169
Abbildung 99 Beteiligte, Prozesse und Interessen	174
Abbildung 100 Zusammenfassung von Sanitärgegenstand, Wandoberfläche und UP-Technik zu Funktionseinheiten..	176
Abbildung 101 Modulsystematik Küchen und Bäder M 1:33	177
Abbildung 102 Überprüfung der Modulgrößen mit Maßanforderungen nach DIN 18040-2 und ready-Studie M1:33.....	178
Abbildung 103 Katalog modularer Elemente – Ansicht der Wandpaneele M 1:33	179
Abbildung 104 Detailausbildung mit Darstellung der Schichten - Innenecke, Modulstoß, Außenecke M 1:5.....	181
Abbildung 105 Übersicht der für die Referenzgebäude entwickelten Badgrundrisse	182
Abbildung 106 Bad Referenzgebäude Bausystem Flächenelemente – Grundkonfiguration mit Darstellung der möglichen, rollstuhlgerechten Nutzung - M 1:50.....	183
Abbildung 107 Bad Referenzgebäude Bausystem Flächenelemente – Kompaktkonfiguration - M 1:50.....	184
Abbildung 108 Bad Referenzgebäude Bausystem Flächenelemente – Maximalkonfiguration - M 1:50.....	184
Abbildung 109 Visualisierung - oben: Grundkonfiguration in rollstuhlgerechter Ausführung - unten: Kompaktkonfiguration	185
Abbildung 110 Visualisierung - oben: Grundkonfiguration in rollstuhlgerechter Ausführung - unten: Kompaktkonfiguration	186
Abbildung 111 Grafische Darstellung der definierten TGA-Zonen	188
Abbildung 112 Grundrisskonfigurationen der 1-5-Personen Haushalte für das Bausystem Raummodule.....	193
Abbildung 113 Schema Energieversorgungsvariante 1 a.....	198
Abbildung 114 Schema Energieversorgungsvariante 1 b.....	198
Abbildung 115 Schema Energieversorgungsvariante 2 a.....	199
Abbildung 116 Schema Energieversorgungsvariante 2 b.....	200
Abbildung 117 Schema Energieversorgungsvariante 3 a.....	201
Abbildung 118 Schema Energieversorgungsvariante 3 b.....	201
Abbildung 119 Schema Energieversorgungsvariante 3 c.....	202
Abbildung 120 Schema Energieversorgungsvariante 3 d / 3 e.....	203
Abbildung 121 Primärenergetischer Vergleich der Versorgungsvarianten	204
Abbildung 122 Primärenergetischer Vergleich der Versorgungsvarianten von 2020 bis 2050	205
Abbildung 123 Primärenergie aufsummiert von 2020 bis 2050	206
Abbildung 124 Zentrale, dezentrale und semizentrale Wärmeverteilsysteme	216

Abbildung 125 Ergebnisse der simulationsgestützten Heizlastberechnung	220
Abbildung 126 Ausschnitt einer Schemazeichnung zur PV-Anlage (gesamtes Schema im Anhang D).....	223
Abbildung 127 Dachansicht mit Belegungsplan der PV-Module (ohne Lüftungsleitungen dargestellt - gesamte Zeichnung im Anhang D).....	223
Abbildung 128 Ausschnitt der Grundrisspläne für die Heizflächendimensionierung nach Norm (oben) und des "Einheits" Heizkörpers (unten).....	225
Abbildung 129 Ergebnisse der Simulation zur elektrischen Flächenheizung und deren Lastverschiebung unter Berücksichtigung stündlicher Primärenergiefaktoren.....	226
Abbildung 130 Ausschnitt einer Schemazeichnung zur Heizungstechnik (gesamtes Schema im Anhang D).....	228
Abbildung 131 Dachansicht mit Belegungsplan der Solarthermie-Flachkollektoren (ohne Lüftungsleitungen dargestellt - gesamte Zeichnung im Anhang D).....	229
Abbildung 132 Ausschnitt Schemazeichnung zur TWW-Bereitung mittels Wärmepumpe bei der Variante "PV-Strom" (gesamtes Schema im Anhang D).....	230
Abbildung 133 Ausschnitt einer Schemazeichnung zur Bereitstellung von TWW mittels dezentraler Frischwassermodule (gesamtes Schema in Anhang D).....	231
Abbildung 134 Ausschnitt eines Grundrisses zur Planung der Wasserversorgung (gesamtes Schema in Anhang D) ...	232
Abbildung 135 Ausschnitt Dachansicht mit Planung der Abluftanlage und Luftkanaldimensionierung (gesamte Zeichnung im Anhang D).....	234
Abbildung 136 Ausschnitt Schemazeichnung Wärmepumpe zur TWW-Bereitstellung (gesamtes Schema in Anhang D)	235
Abbildung 137 Lüftungsschema der kontrollierten Wohnraumlüftung mit Brandschutzkonzept	236
Abbildung 138 Zusammenstellung der TGA-Komponenten für die Variante "Gas"	238
Abbildung 139 Zusammenstellung der TGA-Komponenten für die Variante "Fernwärme"	239
Abbildung 140 Zusammenstellung der TGA-Komponenten für die Variante "PV-Strom"	240
Abbildung 141 3 D-Darstellung des Schachts für die Integration in die Küchenzeile (Bausystem Flächenelemente).....	242
Abbildung 142 Maße des Schachts für die Integration in die Küchenzeile (Bausystem Flächenelemente)	243
Abbildung 143 Abschottung für Rohrleitungen aus brennbaren Materialien.....	244
Abbildung 144 MacLeamy Kurve (2004)	250
Abbildung 145 Verbesserungspotentiale durch BIM [MacGrawHill-Construction Report, 2013]	251
Abbildung 146 Eingeschätzter Return on Investment durch BIM [MacGrawHill-Construction Report, 2013]	251
Abbildung 147 Basiskonzept der Entwicklung eines Systembaukastens unter Einbeziehung digitaler Werkzeuge und Methoden.....	253
Abbildung 148 Struktur und Bestandteile einer automatisierten Konformitätsprüfung (vgl. [8.1] [8.2])	257
Abbildung 149 Regelsätze in SMC für die Prüfung von Anforderungen an ein BIM-Modell gemäß Bauherren-Anforderungskatalog für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau	260
Abbildung 150 Übersicht aller verwendeten Klassifikationen für das Projekt „Bauen mit Weitblick“	261
Abbildung 151 Arbeitsschritte des Revit-Bearbeiters in der Übersicht	261

Abbildung 152 BIM-Workflow: Durchführen von Regelprüfungen und Optimierung des Revit-Modells	262
Abbildung 153 SMC: Fast alle Räume wurden modelliert ohne Berührung der Decken- bzw. Bodenplatte. Einzelne Räume kollidierten mit Bauteilen.	263
Abbildung 154 Revit: Korrektur der Raumbegrenzungen in der Schnittansicht und Optimierung des IFC-Exports.....	264
Abbildung 155 Revit: Die fehlende Klassifizierung von Wohneinheiten wurde nachträglich vorgenommen.....	265
Abbildung 156 Beispielhafte Klassifizierung und Anpassung von Regel-Parametern in SMC	266
Abbildung 157 SMC: Negatives Prüfergebnis der Regel „Freie Bodenfläche“: zu geringer Abstand bzw. fehlender Wendekreis vor der Tür	266
Abbildung 158 SMC: Visualisierung von Prüfergebnissen der Regel „Barrierefreie Türen“: Türen waren zunächst mit Schwelle modelliert.....	267
Abbildung 159 Output: Anforderungen an ein BIM-Modell in Autodesk Revit für Regelprüfungen mit SMC, Handlungsempfehlungen.....	269
Abbildung 160 Webbasierter Einfamilienhaus-Konfigurator Mr&Mrs Homes	271
Abbildung 161 Erster Prototyp eines Konfigurators für das System Flächenelemente	273
Abbildung 162 Darstellung der Konfigurator-Entwicklung Raummodul 1/4	274
Abbildung 163 Darstellung der Konfigurator-Entwicklung Raummodul 2/4	274
Abbildung 164 Darstellung der Konfigurator-Entwicklung Raummodul 3/4	275
Abbildung 165 Darstellung der Konfigurator-Entwicklung Raummodul 4/4	275
Abbildung 166 Der skizzierte Prozess eines Bauvorhabens mit Raummodulen	279
Abbildung 167 Darstellung des Gebäudelebenszyklus	284
Abbildung 168 Ergebnisse der energetischen Bilanzierung für die Referenzgebäude „Regelfall“ des Bausystems aus Raummodulen	293
Abbildung 169 Ergebnisse der energetischen Bilanzierung für die Referenzgebäude „Regelfall“ des Bausystems aus Flächenelementen	294
Abbildung 170 Ergebnisse der energetischen Bilanzierung für die Referenzgebäude „Suffizienz“ des Bausystems aus Raummodulen	296
Abbildung 171 Ergebnisse der energetischen Bilanzierung für die Referenzgebäude „Suffizienz“ des Bausystems aus Flächenelementen	296
Abbildung 172 Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für das Referenzgebäude „Regelfall“, aufgeteilt in die Herstell-, Instandsetzungs- und Energiekosten.....	298
Abbildung 173 Herstellkosten für das Referenzgebäude „Regelfall“, aufgeteilt in die Kostengruppen 300, 400 und 700.....	299
Abbildung 174 Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für das Referenzgebäude „Suffizienz“, aufgeteilt in die Herstell-, Instandsetzungs- und Energiekosten	301
Abbildung 175 Herstellkosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für das Referenzgebäude „Suffizienz“, aufgeteilt in die Kostengruppen 300, 400 und 700	302
Abbildung 176 Lebenszykluskosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für das Referenzgebäude „Regelfall“ mit unterschiedlichen Diskontierungsraten.....	304
Abbildung 177 Lebenszykluskosten für unterschiedliche Betrachtungszeiträumen für das Referenzgebäude „Regelfall“ mit unterschiedlichen Betrachtungszeiträumen.....	305

Abbildung 178 Herstellkosten für den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren für das Referenzgebäude „Regelfall“ und „Suffizienz“	306
Abbildung 179 Treibhausgaspotentiale über den gesamten Lebenszyklus für das Referenzgebäude „Regelfall“	307
Abbildung 180 Treibhausgaspotentiale der Herstellung für das Referenzgebäude „Regelfall“, aufgeteilt in verschiedene Bauteilgruppen	308
Abbildung 181 Treibhausgaspotentiale über den gesamten Lebenszyklus für das Referenzgebäude „Suffizienz“	309
Abbildung 182 Treibhausgaspotentiale der Herstellung für das Referenzgebäude „Suffizienz“, aufgeteilt in verschiedene Bauteilgruppen	310
Abbildung 183 Wohngebäude als Mittelflurtypologie, Orientierung der Wohnungen Ost-West.....	362

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht der Brandschutzanforderungen der Bundeslänger in Deutschland in Abhängigkeit der Gebäudeklasse 4 und 5, Stand Februar 2018	50
Tabelle 2 Vergleich der Schallschutzanforderungen der Normenreihe DIN 4109	52
Tabelle 3 Vertikale Erschließungstypologien.....	71
Tabelle 4 Horizontale Erschließungstypologien	71
Tabelle 5 Gängige Gebäudetypologien im Wohnungsbau	72
Tabelle 6 Siedlungsbilder im urbanen und suburbanen Bereich des heutigen Städtebaus.....	73
Tabelle 7 Flächige Schnittstellen.....	87
Tabelle 8 Auswahl an geometrischen Fügesituationen – zu definierenden Leitdetails.....	87
Tabelle 9 Anforderungen an einen Konfigurator aus Sicht des Bauherren-Anwenders	94
Tabelle 10 Beschreibung der definierten TGA-Zonen	188
Tabelle 11 WUFI®-Bio Auswertung der Wachstumsrate von Schimmelpilzsporen an der Außenwand für die Lüftungsszenarien 1 und 2	193
Tabelle 12 Raumweise Lüftungsauslegung nach dem pauschalen Ansatz, der DIN 1946-6 und der Bauaufsichtlichen Richtlinie für fensterlose Räume	195
Tabelle 13 Übersicht Energieversorgungsvarianten.....	203
Tabelle 14 Grundversorgungsvarianten für die Gebäudebetrachtung.....	206
Tabelle 15 Übersicht und Bewertung möglicher Heizungssysteme.....	209
Tabelle 16 Übersicht und Bewertung möglicher Lüftungssysteme	214
Tabelle 17 Auswahl weiter zu betrachtender Gesamt-Versorgungssysteme	217
Tabelle 18 Ergebnisse Heizlastberechnung und Dimensionierung der Wärmeerzeuger	221
Tabelle 19 Zusammenstellung der Energieerzeugungssysteme in Abhängigkeit der betrachteten Ausstattungsstandards	221
Tabelle 20 Anzahl Kollektoren der Solarthermischen Anlagen.....	227
Tabelle 21 Einsparpotentiale im Planungsprozess System Flächenelemente	280
Tabelle 22 Randbedingungen der EnEV-Nachweisführung	285
Tabelle 23 Definition der Grundannahmen der Lebenszykluskostenrechnung [9.1]	286
Tabelle 24 Betrachtete Kostenarten und Kostengruppen.....	286
Tabelle 25 Wartung, Inspektion und Instandhaltungsaufwand KG300 und KG400 nach BNB.....	291
Tabelle 26 Kostenkennwerte für die Betriebsmittel nach DESTATIS	291
Tabelle 27 EEWärmeG-Konformität der verschiedenen „Regelfall“-Varianten.....	295
Tabelle 28 EEWärmeG-Konformität der verschiedenen „Regelfall“-Varianten.....	297

Anhang

A Auswertung der Förderrichtlinien für den sozialen Wohnungsbau der Bundesländer (Stand 12/2017)

In die Auswertung sind die mit Stand September 2017 verfügbaren Richtlinien bzw. Verwaltungsvorschriften zur Förderung des sozialen Wohnungsbaus der einzelnen Bundesländer eingeflossen. Für das Bundesland Sachsen-Anhalt lag keine aktuelle Richtlinie für den sozialen Wohnungsneubau vor. Aus den vorliegenden Richtlinien bzw. Verwaltungsvorschriften wurde eine Übersicht zu den Angaben und Rahmenbedingungen der jeweiligen Bundesländer erstellt, die die planerisch relevanten Vorgaben berücksichtigt.

Die Vorgaben zu den Wohnungsgrößen in den jeweiligen Förderrichtlinien sind dabei zum Teil sehr diffizil, Angaben zu den personenbezogenen Maximalgrößen sind in allen Richtlinien hinterlegt. In einigen Richtlinien wird bezogen auf eine Person eine Mindestgröße definiert. Weiterhin sind z.T. die Wohnungsgrößen bzgl. Anzahl der Personen und der Räume differenziert dargestellt.

Mit dem Gesetz zur Änderung des Grundgesetzes vom 1. September 2006 („Föderalismusreform“) ist mit der Neufassung des Art. 74 Abs. 1 Nr. 18 GG die soziale Wohnraumförderung in die ausschließliche Gesetzgebungskompetenz der Länder übergegangen. Soweit das Wohnraumförderungsgesetz (WoFG) des Bundes nicht durch landesrechtliche Regelungen ersetzt wird, bleibt es weiterhin gültig.

Baden-Württemberg (BW)				
Verwaltungsvorschrift des Wirtschaftsministeriums zum Förderprogramm Wohnungsbau BW 2017 (VwV-Wohnungsbau BW 2017); Durchführungshinweise zum Landeswohnraumförderungsgesetz (DH-LWoFG), Stand 2010				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²	
1 Pers.	1-2	23	45	
2 Pers.	2-3	46	60	
3 Pers.	3-4	61	75	
4 Pers.	4-5	76	90	
5 Pers.	5-6	91	105	
- jede weitere Erhöhung Wohnungsgrößen um bis zu 15 m ² erhöht die Zahl der Wohnräume um jeweils einen - WE min. 23 m ² WFL - zulässige Überschreitung der Wohnflächengrenzen um 5 % ist förderfähig - bei barrierefreier und "R" WE: 15 m ² mehr WFL bei gleichbleibender Raumanzahl zulässig - KiZi für 1 Kind min. 10 m ² - KiZi für 2 Kinder min. 15 m ² - WE mit 3 Kindern min. 2 KiZi erforderlich - für familiengerechte Unterbringung: gut zugängliche Kinderwagen-Stellplätze vorsehen				

Bayern (BY)				
Förderung von Mietwohnraum in Mehrfamilienhäusern im Bayrischen Wohnungsbauprogramm, Merkblatt mit Stand 2017				
Die angemessene WFL beträgt höchstens:				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²	
1 Pers.	1	35	40	
1 Pers.	2	41	50	
2 Pers.	2	51	55	
2 Pers.	3	56	65	
3 oder 4 Pers.	3	66	75	
4 Pers.	4	76	90	
5 Pers.	5	91	105	
- je weitere Person bis zu 15 m ² zusätzliche WFL, Wohnungstypen mit größerer Zimmerzahl zulässig - WE min. 35 m ² WFL - WE für Rollstuhlfahrer: WFL bis zu 15 m ² über den angegebenen Größen - ab 3 Zimmer: möglichst variable Grundrissgestaltung - bei WE für 4 Pers.: möglichst vom Bad getrenntes WC inkl. Handwaschbecken - bei WE ab 5 Pers.: möglichst WC im Bad und zweites WC mit Waschtisch - Wohnanlagen ab 50 WE: Gemeinschaftsräume mit Fläche von bis zu 0,5 m ² je WE - Abstellraum außerhalb WE: mind. 5 m ² (möglichst belüftbar) - Abstellraum innerhalb WE: mind. 1 m ² - sofern Abstellraum in WE Kellerraum ersetzt: bei Feststellung der WFL bis 6 m ² nicht berücksichtigt - jede WE soll Balkon, Loggia oder Terrasse haben, mind. 3 m ² und Mindesttiefe von 1,7 m				

Berlin (BE)					
Verwaltungsvorschriften für die soziale Wohnraumförderung des Miet- und Genossenschaftswohnungsbaus in Berlin 2015 (Wohnungsbauförderungsbestimmungen – WFB 2015 –)					
				Wohnflächenobergrenzen in m ²	
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²		
	1	40	40		
	1,5 - 2	41	54		
	3	55	70		
	4	71	82		
	5	83	93		
- bei größeren WE darf sich die Fläche mit jedem weiteren Raum um jeweils 11 m ² erhöhen - bei barrierefreier Planung (Umbau jederzeit möglich) WFL-Überschreitung bis 4 m ² möglich - Flächenangaben ohne Balkone und Loggien - Balkone/Loggien werden mit Hälfte der Fläche zusätzlich gefördert (max. bis 2,5 m ² je WE) - Anteil von 1- bis 2-Zimmer-WE soll mind. 1/3 der im Objekt geförderten WE betragen					

Brandenburg (BB)					
Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr zum Wohnraumförderungs- und Wohnungsbindungsgesetz (VV-WoFGWoBindG), Stand 2002; Richtlinie zur Förderung der generationsgerechten und barrierefreien Anpassung von Mietwohngebäuden durch Modernisierung und Instandsetzung und des Mietwohnungsneubaus (MietwohnungsbauförderungR), Runderlass mit Stand 2016					
Wohnungsgrößen sind angemessen zu planen; Folgendes dient zur Orientierung:					
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²		
1 Pers.	2	50	50		
2 Pers.	2	51	65		
3 Pers.	3	66	80		
4 Pers.	4	81	90		
5 Pers.	5	91	100		
- jede weitere Pers. 10 m ² mehr WFL oder einen weiteren Wohnraum - 1-Raum-WE sind bei Neubaumaßnahmen grds. nicht förderfähig - möglichst alle allgemeinen Bereiche und Wohnungen barrierefrei gestalten - Zugang zu WC nicht über Wohnräume oder Küchen - natürliche Belichtung und Belüftung in jedem Raum (außer Flur); Ausnahme Bad ist mgl. - Anzahl der Räume ist zzgl. Küche und Nebenräume und unabhängig von WFL zu verstehen; angegebene m ² -Zahl schließt Küche und NR ein					

Bremen (HB)				
Richtlinien zur Durchführung der vertraglich vereinbarten Förderung des Neubaus von Mietwohnraum in der Freien Hansestadt Bremen – Mietwohnraumförderung –, Stand 2014; Senatsbeschluss 2. Wohnraumförderungsprogramm, Stand 2015; Merkblatt BAB über Mietwohnraumförderung, Stand 2017				
Die Wohnungen sollen grundsätzlich folgende Größen nicht überschreiten:				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²	
1 Pers./1-Zi-Appartm.	1	25	30	
1 Pers.	2	31	50	
2 Pers.	2	51	60	
2 Pers. (alleinerzieh., 1 Kind)	3	61	70	
3 Pers.	3	61	75	
4 Pers.	4	76	85	
5 Pers.	5	86	95	
<ul style="list-style-type: none"> - je weitere Person erhöhen sich Zimmeranzahl um 1 und zulässige WFL um 10 m² - Einbett-KiZi mind. 12 m² bzw. bei Vorhandensein weiterer KiZi mind. 10 m² - Zweibett-KiZi mind. 14 m² - 4 Pers.-WE mit möglichst 2 KiZi - Wohnzimmer und KiZi mit ausschließlich Nordfenstern sind unzulässig, sofern andere Lösungen nicht möglich sind - Sanitärräume: möglichst barrierefrei - bei WE für 4 Pers.: möglichst vom Bad getrenntes WC - bei WE ab 5 Pers.: möglichst WC im Bad und zweites WC mit Waschtisch - Abstellflächen (Kinderwagen, Rollatoren usw.): ausreichend groß, gut zugänglich und in Nähe zum Hauseingang vorsehen - Abstellräume: ausreichend groß innerhalb und außerhalb der WE 				

Hamburg (HH)				
Förderrichtlinie für Mietwohnungen in Mehrfamilienhäusern in Hamburg, gültig ab 01/2017				
Die Wohnungsgrößen müssen innerhalb der folgenden Flächenkorridore liegen:				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²	
1 Pers.		30	50	
2 Pers.		55	60	
3 Pers.		65	75	
4 Pers.		75	90	
5 Pers.		90	105	
6 Pers.		105	120	
zulässige Überschreitung der WFL:				
<ul style="list-style-type: none"> - Überschreitung in einzelnen WE ist zulässig, wenn zulässige WFL aller WE einer Haushaltsgröße in der Summe nicht überschritten wird - barrierefrei nutzbare Wohnungen nach DIN 18040-2: bis zu 5 m² - barrierefrei und uneingeschränkt mit Rollstuhl nutzbar nach DIN 18040-2R: bis zu 10 m² 				
Wohnräume:				
- Mindestmaße: 3,20 m Breite, ab 3 Pers. 3,50 m				
Schlafräume:				
- Mindestmaß für 1 Pers.: Fläche 10 m ² / halbe Zimmer 8 m ²				
- Mindestmaß für 2 Pers.: Fläche 12,50 m ²				
Kinderzimmer:				
- Mindestmaß für 1 Pers.: Fläche 10 m ² / halbe Zimmer 8 m ²				
- Mindestmaß ab 5 Pers.: KiZi auch als Doppelzimmer mit mind. 16 m ² zulässig				
Küchen:				
- Mindestmaß für 1 Pers.: Fläche 4,5 m ²				
- Mindestmaß für 2 Pers.: Fläche 6 m ² ; Küchen müssen natürlich belichtet sein				
Sanitärräume:				
- Bewegungsfläche von 90 cm vor den Objekten				
- lichte Durchgangsbreite zur Dusche 90 cm zwischen Objekten				
- barrierefreie Dusche mit Grundfläche von mind. 1 m ² (Schwellen bis 2 cm sind aus technischen Gründen zulässig)				
- in WE für 2 bis 4 Pers.: Badewanne möglich (mit Nachweis der möglichen Nachrüstung mit barrierefreier Dusche (mit gerignem Aufwand))				
- Wände so ausbilden, dass Halte- und Stützgriffe ohne großen baulichen Aufwand nachträglich befestigt werden können				

<p>Freisitze:</p> <ul style="list-style-type: none">- Mindesttiefe 1,40 m- bis zu ¼ der Nutzfläche, max. 5 % der beheizbaren WFL ist als WFL anrechenbar
<p>Gemeinschaftsräume:</p> <ul style="list-style-type: none">- Raumhöhe min. 2,40 m- natürliche Belichtung- im oder in direkter Nähe GR sind Toiletten und Teeküche vorzusehen- Vorgaben der DIN 18040-2 (barrierefrei) sind für Haupt- und Nebenräume einzuhalten- soweit rollstuhlgerechte WE gefördert werden: Vorgaben der DIN 18040-2R sind für uneingeschränkte Nutzung mit Rollstuhl einzuhalten
<p>Abstellfläche:</p> <ul style="list-style-type: none">- max. 2 m² je WE oder 1 m² je Person- Waschmaschinenstandplatz innerhalb WE oder ebenengleich innerhalb gedämmter Gebäudehülle
<p>Fahrradstellplätze:</p> <ul style="list-style-type: none">- leichter Zugang über Aufzug oder Rampe- zugeordnete Stellplätze mit Möglichkeit zum Sichern des Fahrrades
<p>Anforderungen an Barrierereduzierung:</p> <ul style="list-style-type: none">- WE müssen barrierefrei erreichbar sein- alle Räume innerhalb WE und NR (Keller, Müllplatz, usw.) müssen barrierefrei erreichbar sein- lichte Breite von Haus- und Wohnungsfluren: mind. 1,2 m- lichte Durchgangsbreite von WE- und Hauseingangstüren: mind. 0,9 m- lichte Durchgangsbreite von Innentüren (außer Gäste-WC und Abstellraum): mind. 0,8 m- Türschwellen bis 2 cm sind aus technischen Gründen zulässig
<p>allgemeine Anforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none">- Wohnen, Schlafen, Kochen nicht in einem Raum- Anforderungen des IFB Hamburg-Baubeschreibung sind zu beachten

Hessen				
Soziale Wohnraumförderung - Mietwohnungsbau, Stand 2016				
Die förderungsfähige Wohnfläche (Regelwohnfläche) beträgt				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderungsfähige Wohnungsgröße m ² bis	
1 Pers.		40	45	
2 Pers.		46	60	
3 Pers.		61	72	
4 Pers.		73	84	
5 Pers.		85	96	
- für jede weitere Person 12 m ² mehr - WFL einer WE soll 40 m ² nicht unterschreiten - bei WE mit 3 Zimmern (zzgl. Bad und Küche) ist förderungsfähige WFL auf 72 m ² begrenzt (unabhängig der Belegung) - WE, Zubehörräume und Freiflächen möglichst barrierefrei zugänglich - förderungsfähige WFL kann erhöht werden: - bei WE nach DIN 18040 Teil 2: um 8 % (ohne besondere Begründung) - bei WE nach DIN 18040 Teil 2 mit R-Anforderungen: um 16 % (ohne besondere Begründung) - Individualräume für 1 Pers. mind. 10 m ² (möglichst mit anderen Individualraum zusammenschaltbar) - Aufenthaltsräume für 2 Pers. mind. 14 m ² - in 3-Pers.-Haushalt KiZi mind. 14 m ² - Schlafräume dürfen keine Durchgangsräume sein - WE ab 4 Pers.: räumliche Trennung von Bad und WC, Bad mit zusätzl. WC - WE ab 6 Pers.: 2. Bad (mit Dusche) - Waschmaschinenanschluss innerhalb WE - einbruchhemmende Wohnungseingangstüren - Abstellraum: - in oder außerhalb WE (frostsicher) - mind. 6 m ² - bei barrierefreien WE: mind. 2 m ² innerhalb WE barrierefrei zugänglich - Freisitz/privater Außenraum: mind. 4 m ² , Tiefe mind. 1,75 m				

Mecklenburg-Vorpommern (MP)				
Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern zur Schaffung von belegungsgebundenen Mietwohnungen (Richtlinie Wohnungsbau Sozial – WoBauSozRL M-V), Stand 2017; Merkblatt Wohnungsbau Sozial, Stand 2017				
In Abhängigkeit der Haushaltsgröße sind folgende Wochflächengrenzen einzuhalten				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderungsfähige Wohnungsgröße bis m ²	
1 Pers.			45	
2 Pers.		46	60	
3 Pers.		61	75	
4 Pers.		76	90	
5 Pers.		91	105	
- für jede weitere Person 15 m ² zusätzlich - Überschreitung der WFL ist bei barrierefreien WE nach DIN 18040-2 zulässig				

Niedersachsen (NI)			
Richtlinie zur Durchführung der sozialen Wohnraumförderung in Niedersachsen (Wohnraumförderbestimmungen - WFB -), Stand 2017			
Angemessene Wohnungsgrößen			
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²
1 Pers.			50
2 Pers.		51	60
3 Pers.		61	75
4 Pers.		76	85
5 Pers.		86	95
- für jedes weitere Haushaltsmitglied 10 m ² zusätzlich - bei Alleinerziehenden und für jeden Menschen mit Behinderung: Erhöhung der WFL um 10 m ² - bei besonderem persönlichem oder beruflichem Bedarf: weitere Erhöhung der WFL um 10 m ² - separate Abstell-/Hauswirtschaftsräume innerhalb der WE sind mit max. 3 m ² anzurechnen - Balkone, Wintergärten, Terrassen usw. können mit max. 10 % der WFL berücksichtigt werden - sicherungstechnische Mindeststandards zum Einbruchschutz: - ebenerdig erreichbare Fenster/Außentüren mind. in Widerstandklasse (RC) 2 gem. DIN EN 1627 - erhöht eingebaute Fenster/Außentüren mind. in Widerstandklasse (RC) 1 gem. DIN EN 1627 - Verglasung mit mind. Durchwurfhemmung P2-A gemäß DIN EN 345 - KiZi als Einbettzimmer: mind. 10 m ² - KiZi als Zweibettzimmer: mind. 15 m ² - KiZi dürfen keine Durchgangsräume sein			
Anforderungen an WE für ältere Menschen: - WE für ältere Menschen dürfen nur im EG liegen, wenn kein Aufzug vorhanden ist - stufenlose Erreichbarkeit von öffentlicher Verkehrsfläche aus - lichte Breite von Türen in WE: mind. 0,8 m - lichte Breite von WE-, Hauseingangs- und Fahrtschächttüren: mind. 0,9 m - WC- und Badtüren müssen nach außen aufschlagen - Bewegungsfläche vor WC-Anlage jeder WE: mind. 1,2 m x 1,2 m - jede WE möglichst mit Freisitz von mind. 3,5 m ² Grundfläche			

Nordrhein-Westfalen (NRW)					
Wohnraumförderungsbestimmungen (WFB), Runderlass mit Stand 2017					
Die Wohnflächenobergrenzen betragen für:				"barrierefreie Wohnungen"	
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²		
	1	35	47		
	2	48	62		
	3	63	77		
	4	78	92		
	5	93	107		
<ul style="list-style-type: none"> - bei WE mit mehr als 5 Zimmern: Erhöhung WFL um 15 m² pro zusätzlichem Raum - WFL für 1 Pers. mind. 35 m² - ausgewiesene "Anzahl WR" zzgl. Küche und Nebenräume - Zimmer im o.g. Sinne sind auch Zimmer, in die eine Küche integriert ist (Wohnküche) - geringfügige Überschreitung WFL bis zu 5 m² (sofern aus planerischen Gründen zweckmäßig) - gesonderte Wohnflächenobergrenzen für: <ul style="list-style-type: none"> - barrierefreie WE mit zusätzlicher Badewanne: + 5 m² - WE für Rollstuhlnutzer: 1- bis 2-Raum-WE: + 8 m²; ab 3-Raum-WE: + 10 m² - Wohn- und Schlafräume (inkl. KiZi) mind. 10 m² (Unterschreitung bei WE für 1 Pers. zulässig) - bei WE für 1 Pers.: Wohnen, Schlafen und Kochen nicht in einem Raum - jede WE ist mit Freisitz auszustatten 					
Barrierefreies Bauen: <ul style="list-style-type: none"> - Gebäudehaupteingang muss barrierefrei erreichbar sein - WE in EG und Aufzüge müssen von öffentlichen Verkehrsfläche stufen- und schwellenlos zugänglich sein - in WE keine Stufen, Schwellen oder unteren Türanschläge (Ausnahme: Wohnungstüren in Außenfassade Türanschlag bis 2 cm) - Freisitz stufen- und schwellenlos erreichbar - jede WE mit mind. 1 barrierefreien Sanitärraum (gem. DIN 18040 Teil 2, Nr. 5.5.1 - 5.5.5) - lichte Tür- und Durchgangsbreiten einschl. Türen zu Freisitzen und Rampen: gemäß DIN 18040 Teil 2 (ohne Markierung R) - äußere Erschließung des Gebäudes: gemäß DIN 18040 Teil 2 - sofern kein Aufzug: <ul style="list-style-type: none"> - Treppenhäuser mit Möglichkeit zur Nachrüstung - Treppen außerhalb WE mit Breite von mind. 1,2 m und Zwischenpodest mind. 1,2 m x 1,2 m - bei WE für 1 Pers.: Nachweis der Bewegungsflächen für das Bett auch im Wohnraum möglich - zweckgebundene WE für ältere oder behinderte Menschen: Erreichbarkeit mit Aufzug (außer Eingangsebene) 					

Rheinland-Pfalz (RP)				
Soziale Mietwohnraumförderung durch ein Darlehen der Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB-Darlehen Mietwohnungen Rheinland-Pfalz) und durch sonstige Maßnahmen - Verwaltungsvorschrift des Ministeriums der Finanzen, Stand 2017				
Gefördert werden Wohnungen bis zu folgenden Flächenobergrenzen:				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²	
	1	30	50	
	2	51	60	
	3	61	80	
	4	81	90	
	5	91	105	
- für jeden weiteren Raum Erhöhung um 15 m ² - Küchen zählen nicht als Raum - WE mind. 30 m ² WFL - WE für Rollstuhlbenutzer: Erhöhung WFL um 15 m ² - sofern aus planerischen Gründen zweckmäßig: Überschreitung WFL um 5 m ² möglich - Aufzug erforderlich, wenn barrierefreie WE oberhalb des EG				

Saarland (SL)				
Verwaltungsvorschriften des Ministeriums für Finanzen und Europa über Zuwendungen zur Wohnraumförderung (Wohnraumförderungsbestimmungen – WFB 2016), Stand 2017				
Mietwohnraum wird nur unter Zugrundelegung folgender Vorgaben gefördert:				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²	
1 Pers.	1 (+Kü, NR)	40	45	
2 Pers.	2 (+Kü, NR)	46	60	
3 Pers.	3 (+Kü, NR)	61	75	
4 Pers.	4 (+Kü, NR)	76	90	
5 Pers.	5 (+Kü, NR)	91	105	
- WE mit mehr als 4 Pers.: Erhöhung je Zimmer bzw. Person um 15 m ² - WE mind. 40 m ² WFL - Überschreitung der WFL-Grenzen: - nur in begründeten Ausnahmefällen und bis max. 5 % - wenn WE nahezu barrierefrei Überschreitung bis zu 15 m ² - für jedes Kind: KiZi von mind. 10 m ² - WE mit Zweckbindung für ältere oder schwerbehinderte Menschen: barrierefreier Bau gem. DIN 18040 Teil 1 und 2				

Sachsen (SN)					
Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums des Innern zur Förderung der Schaffung von mietpreis- und belegungsgebundenem Mietwohnraum (RL gebundener Mietwohnraum – RL gMW), Stand 2017					
Die Wohnfläche der geförderten Wohnung darf die nachfolgend genannten Wohnflächenhöchstgrenzen nicht überschreiten:					
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²		
1 Pers.			45		
2 Pers.		46	60		
3 Pers.		61	75		
4 Pers.		76	85		
5 Pers.		86	95		
- für jede weitere Person erhöht sich WFL um max. 10 m ² - zur WFL zählen Nebenräume (z.B. Küche, Flur, Bad, WC) - bei WE für uneingeschränkte Rollstuhlnutzung kann von Höchstgrenzen abgewichen werden					

Sachsen-Anhalt (ST)					
aktuell keine Förderung von sozialem Wohnungsneubau (Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung des Mietwohnungsneubaus in Sachsen-Anhalt 1995 nicht mehr gültig)					
Bedingungen gemäß außer Kraft getretener Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung des Mietwohnungsneubaus in Sachsen-Anhalt 1995:					
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße m ² bis		
1 Pers.		35	50		
2 Pers.		51	60		
3 Pers.		61	70		
4 Pers.		71	80		
5 Pers.		81	90		
- für jede weitere Person bis zu 10 m ² WFL mehr - 1-R-WE und WE kleiner als 35 m ² sind nicht förderfähig					

Schleswig-Holstein (SH)				
Soziale Wohnraumförderung in Schleswig-Holstein; Bekanntmachung der Neufassung der Finanzierungsrichtlinien (FiRL), Stand 2017; Soziale Wohnraumförderung in Schleswig-Holstein Arbeitshilfe für Kommunen und Investoren, Stand 2017				
Die nachfolgend aufgeführten Wohnflächen dürfen in der Regel nicht überschritten werden:				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²	
1 Pers.			50	
2 Pers.		51	60	
3 Pers.		61	75	
4 Pers.		76	85	
5 Pers.		86	95	
<ul style="list-style-type: none"> - für jede weitere Pers. max. 10 m² WFL mehr - bei WE über 2 Geschosse: Überschreitung von 10 m² möglich - Individualräume mind. 10 m² (lt. Qualitätsstandards Schleswig-Holstein), Abweichung auf mind. 8 m² möglich, sofern spätere Zusammenlegung realisierbar - WE eines Geschosses müssen barrierefrei nutzbar sein (lt. §52 LBO) - weitere Anforderungen an Barrierefreiheit im Förderprogramm "PluSWohnen" - jede WE muss Freisitz aufweisen: mind. 4 m² und Mindesttiefe 1,4 m - Abstellfläche mind. 6 m² (davon mind. 1 m² in WE) gemäß LBO; bei kleinen WE möglich: 4 m² (davon mind. 1 m² in WE) - Ausweisung einer Abstellfläche in WE, wenn dadurch erforderlichen Bewegungsflächen nicht eingeschränkt werden 				

Thüringen (TH)				
Richtlinie für die Förderung des sozialen Mietwohnungsbaus in besonderen Gebietskulissen zur Innenstadtstabilisierung im Freistaat Thüringen für die Programmjahre 2016 bis 2018 (Innenstadtstabilisierungsprogramm – ISSP), Stand 2016				
Die förderfähige Größe von Mietwohnungen beträgt i.d.R.:				
Anzahl der Personen	Anzahl WR	min.	förderfähige Wohnungsgröße bis m ²	
1 Pers.		35	45	
2 Pers.		46	60	
3 Pers.		61	75	
4 Pers.		76	90	
5 Pers.		91	105	
<ul style="list-style-type: none"> - für jede weitere Pers. max. 15 m² WFL mehr - WE für eine Pers. mind. 35 m² (Ausnahmefälle in Abstimmung mit Behörde) - sofern Lage der Gebäude geeignet ist, mind. 20% barrierefreie WE nach DIN 18040-2; davon mind. 20 % barrierefreie WE für Rollstuhlbenutzer - WE barrierefrei nach DIN 18040-2, sofern Aufzug vorhanden - WE für ältere/beeinträchtigte Menschen: Barrierefreiheit gem. DIN 18040-2 - i.d.R. keine Förderung für Souterrain- und Maisonettwohnungen 				
<ul style="list-style-type: none"> - Schlafräume und KiZi möglichst nicht als Durchgangsräume - KiZi für 1 Pers.: mind. 10 m² - KiZi für 2 Pers.: mind. 14 m² - KiZi für 2 Pers., wenn außerhalb KiZi aber in WE Stellflächen für Schränke: mind. 12 m² - KiZi mit Stellflächen für mehr als 2 Betten wird nicht gefördert 				
- jede WE soll Freisitz besitzen (bei 1 und 2-R-WE kann verzichtet werden), Mindestdiefe 1,5 m				
<ul style="list-style-type: none"> - jede WE soll Abstellraum außerhalb WE besitzen (verschießbar) - Abstellraum für Kinderwagen und Fahrräder ab 3 Vollgeschossen - Plätze für Rollstühle, Scooter usw. in WE oder wohnungsnah (mit Auflademöglichkeit) 				
<ul style="list-style-type: none"> - WE ab 5 Pers.: 2. WC - in Bädern oder Küchen Waschmaschinenplatz vorsehen 				

B Planungsrandbedingung der Referenzgebäude

Planung eines 5-geschossigen Wohngebäudes als Mittelflurtypologie (Zeile) mit einem innenliegenden Treppenhaus. Das betrachtete Grundstück ist ein fiktives ebenes Grundstück mit ausreichenden Abstandsflächen und gesicherter Erschließung (Planung auf der „grünen Wiese“), vgl. Abbildung 183.

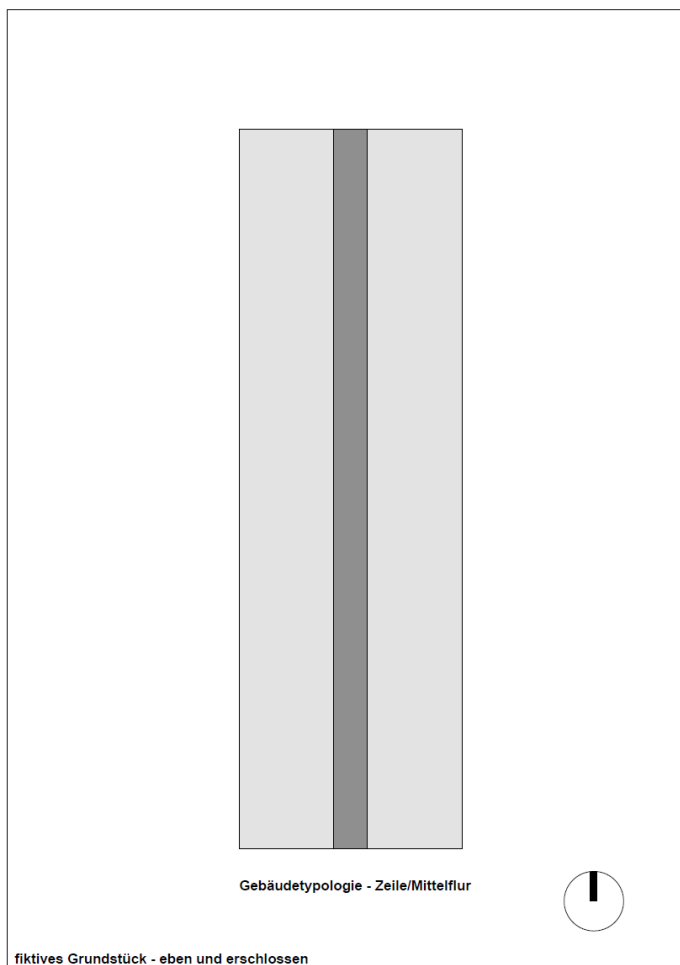


Abbildung 183 Wohngebäude als Mittelflurtypologie, Orientierung der Wohnungen Ost-West

Planungsrandbedingungen

Baugrund:

Bodenklasse 3	Leicht lösbare Bodenarten; Nichtbindige bis schwachbindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15% Korngröße < 0,06 mm und höchstens 30 % Steinen sowie organische Bodenarten mit geringem Wassergehalt (SW, SI, SE, GW, GI, GE, SU, ST, GU, GT, HN)
Aufnehmbarer Sohldruck	$\sigma_{zul.} = 280 \text{ kN/mm}^2$

Wohnungsmix:

Personenanzahl Referenzgebäude	125 – 150 Personen
Wohnräume	Anteil gefordert
1 WR	5%
2 WR	25%
3 WR	40%
4 WR	20%
5 WR	10%
Summe:	100%
Die Prozentangaben beziehen sich auf die Anzahl der Wohnungen	

Gebäudeabmessungen:

Bauordnung	Musterbauordnung (MBO) 13.05.2016
Geschossigkeit	5 Vollgeschosse (inkl. EG)
Gebäudeklasse (GK)	4
OK-FFB	< 13,00 m über Geländeoberkante

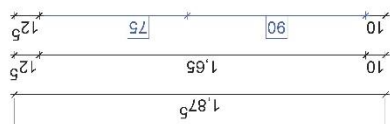
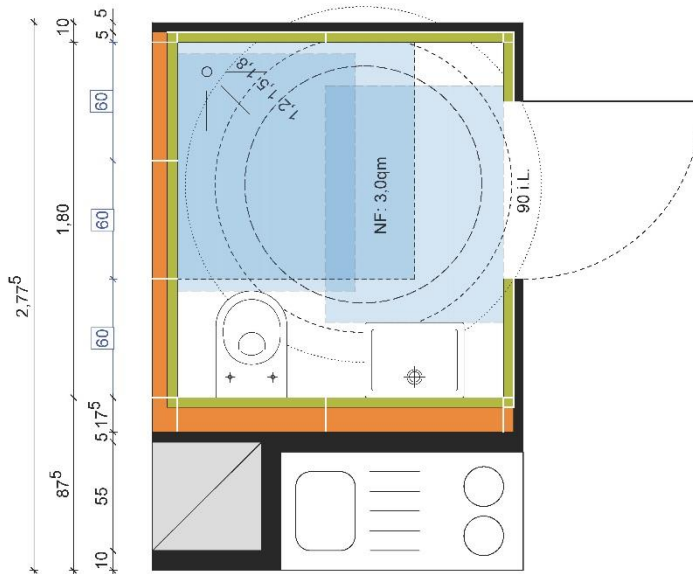
Randbedingungen an die Gebäudeabmessungen aus den Brandschutzanforderungen:

Anforderungen gemäß MBO vom 13.05.2016	
Länge pro Einzelgebäude	≤ 40,00 m (dann kann Treppenraumwand für die Bildung der Brandabschnitte verwendet werden)
Rettungsweglänge § 35 (2)	≤ 35 m
Rauchabschnitt § 36 (3)	≤ 30 m
2. Rettungsweg (RW)	über Rettungsgeräte der Feuerwehr Aufstellflächen notwendig gemäß Richtlinie für Flächen für die Feuerwehr
Fenster als 2. RW § 37 (5)	Lichte Mindestmaße: 0,90 m x 1,20 m Oberkante des unteren Fensterrahmens (BRH) ≤ 1,20 m über OK FFB

C Systembad – Badtypen

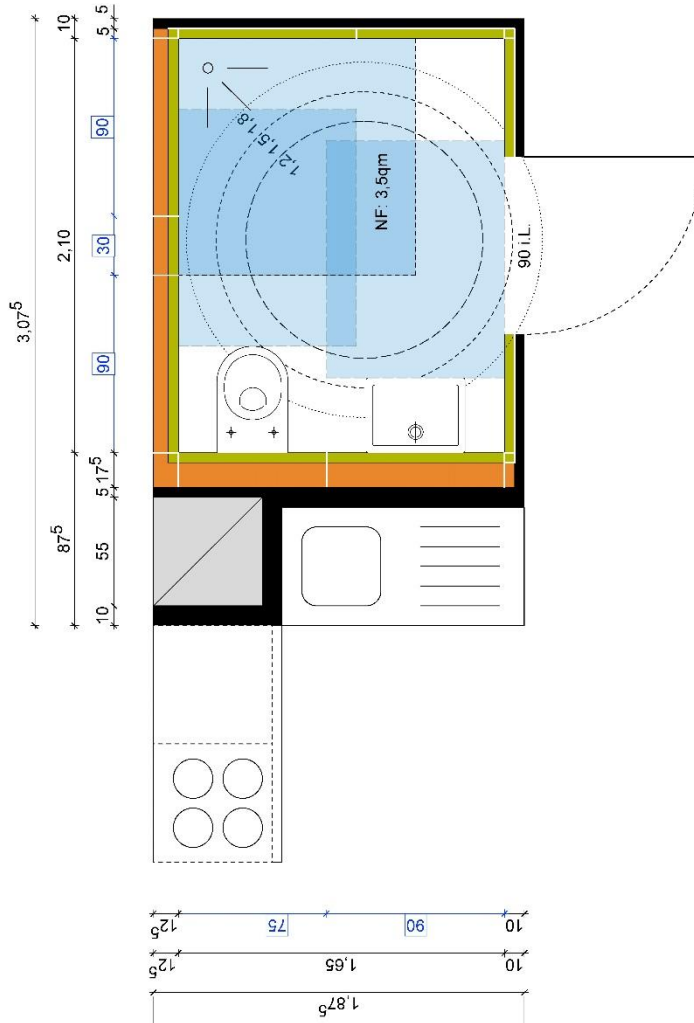
Standard DIN 18040-2 "barrierefrei"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	120 x 120	✓	
WC seitlich (alb)	20 20	✓	
vor Waschtisch	120 x 120	✓	
vor Badewanne	120 x 120	-	
im Duschbereich	120 x 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	



Standard DIN 18040-2 "barrierefrei"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	120 x 120	✓	
WC seitlich (alb)	20 20	✓	
vor Waschtisch	120 x 120	✓	
vor Badewanne im Duschbereich	120 x 120	-	
Durchgänge / Türen	p >= 90	✓	

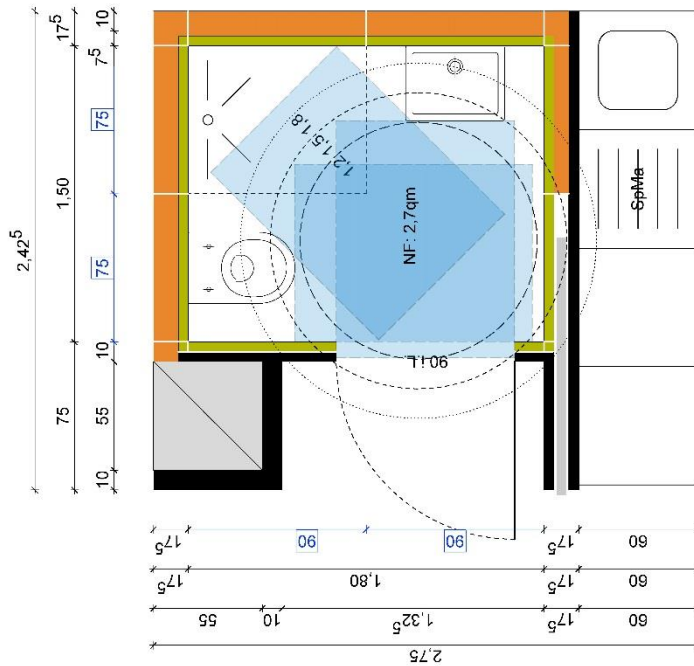


Standard DIN 18040-2 "barrierefrei"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	120 x 120	✓	
WC seitlich (alb)	20 20	✓	
vor Waschtisch	120 x 120	✓	
vor Badewanne	120 x 120	-	
im Duschbereich	120 x 120	90 x 110	Wenden mit Gehhilfe mögl.
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	

Standard "ready"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
vor WaMe	60 x 90	-	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße	min. 3,6qm	2,7qm	keine Einschr. i.d. Nutzung
Nutzfläche	min. 1,7m	1,5m	Flurbereich minutzbar
Ausstattung	Tiefe >= 40	✓	
Waschtisch	Tiefe >= 65	60	WC austauschbar
Dusche	>= 90 x 90	✓	bodengl. Fläche: 90 x 110



Standard DIN 18040-2 "barrierefrei"

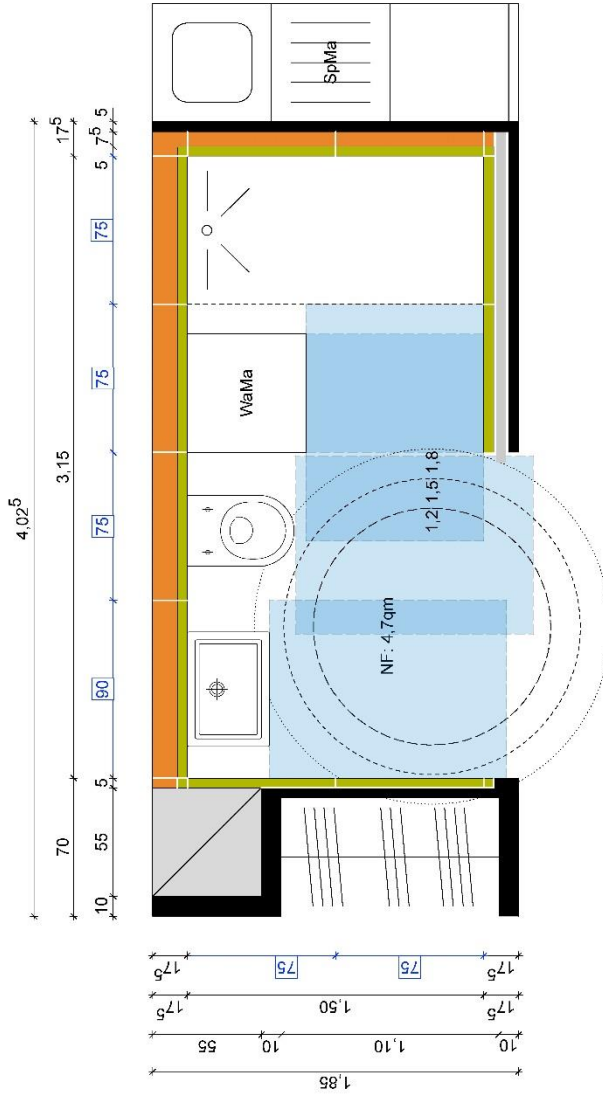
Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	120 x 120	✓	
WC seitlich (alb)	20 20	✓	
Vor Waschtisch	120 x 120	✓	
Vor Badewanne	120 x 120	✓	
im Duschbereich	120 x 120	80 x 150 FI ohne WeiMa	150 x 150
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	

Standard "ready"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
Vor WeiMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	(✓)	ohne WeiMa
Dreh- / Wendefläche	d >= 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße	min. 3,6qm	✓	
Nutzfläche	min. 1,7m	1,5m	Flurbereich münizbar
Ausstattung	Waschtisch	Tiefe >= 40	✓
WC	Tiefe >= 65	60	WC austauschbar
Dusche	>= 90 x 90	✓	bodengl. Fläche: 90 x 150

Standard "ready plus"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
Vor WeiMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	(✓)	ohne WeiMa
Dreh- / Wendefläche	d >= 150	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße	min. 4,0qm	✓	
Nutzfläche	min. 1,8m	1,5m	Flurbereich münizbar
Ausstattung	Waschtisch	Tiefe >= 40	✓
WC	Tiefe >= 65	60	WC austauschbar
Dusche	>= 90 x 90	✓	bodengl. Fläche: 90 x 150

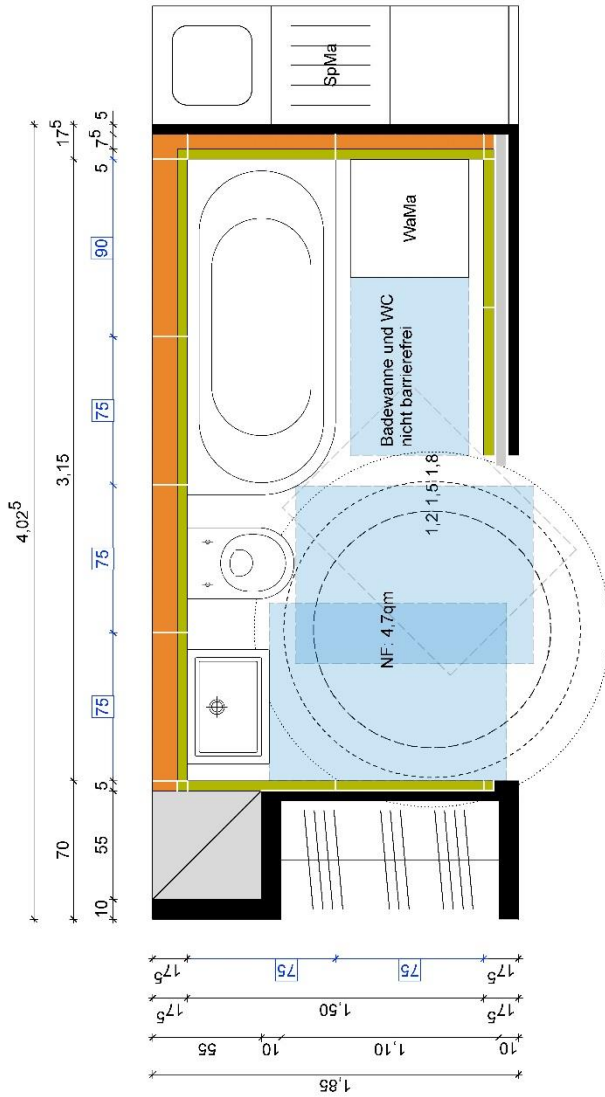


Standard DIN 18040-2 "barrierefrei"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	120 x 120	✓	
WC seitlich (alb)	20 20	25 16	nicht barrierefrei
vor Waschtisch	120 x 120	✓	
vor Badewanne	120 x 120	75 x 100	nicht barrierefrei
im Duschbereich	120 x 120	-	
Durchgänge / Türen	b >= 90	75	nicht barrierefrei

Standard "ready"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor MT, WC, DU, BA	90 x 120	X	BA nicht barrierefrei
vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	X	WC nicht barrierefrei
Dreh- / Wendefläche	d >= 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	75	
Raumgröße			
Nutzfläche	min. 3,6qm	✓	
min. Wandlänge	min. 1,7m	1,5m	Fußbereich minutzbar
Ausstattung			
Wäschtsch	Tiefe >= 40	✓	
WC	Tiefe >= 65	60	WC austauschbar
Dusche	>= 90 x 90	-	

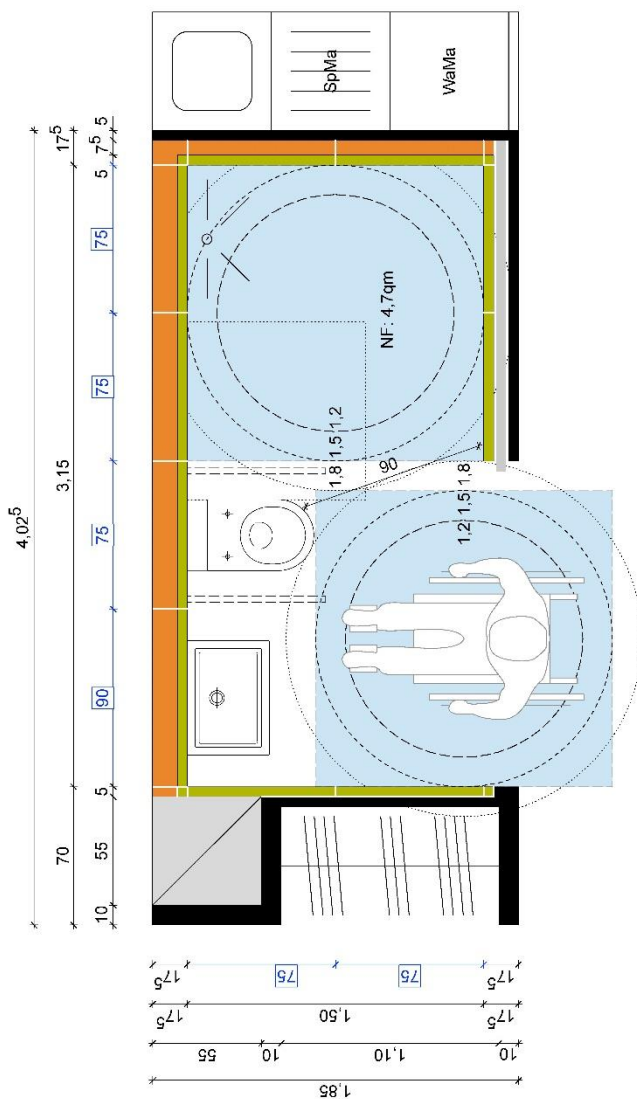


Standard DIN 18040-2 "R-Standard"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	150 x 150	✓	
WC seitlich (alb) (30 90) x 70	(30 90) x 70	✓	
vor Waschtisch	150 x 150	✓	
vor Badewanne	150 x 150	-	
im Duschbereich	150 x 150	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	

Standard "ready plus"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor MT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
vor WaMa	60 x 90	-	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 150	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße			
Nutzfläche	min. 4,0qm	✓	
min. Wandlänge	min. 1,8m	1,5m	Flurbereich minutzbar
Ausstattung			
WC	Tiefe >= 40	✓	
Waschtisch	Tiefe >= 65	✓	
Dusche	>= 90 x 90	✓	



Standard DIN 18040-2 "barrierefrei"

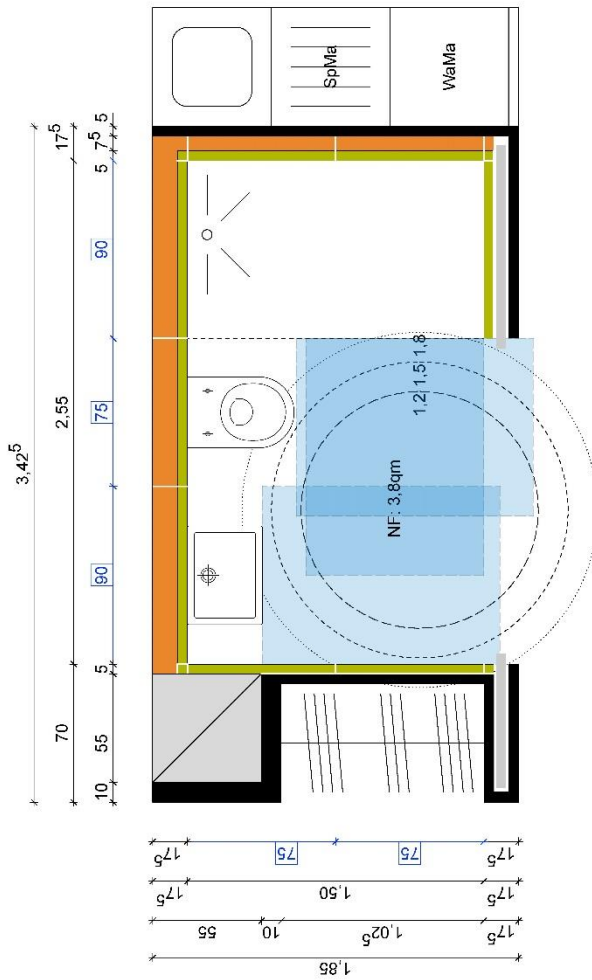
Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	120 x 120	✓	
WC seitlich (ab)	20 20	✓	
Vor Waschtisch	120 x 120	✓	
Vor Badewanne	120 x 120	✓	
im Duschbereich	120 x 120	110x150	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	

Standard "ready"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
Vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße	min. 3,6qm	✓	
Nutzfläche	min. 1,7m	1,5m	Flurbereich münitubar
Ausstattung	Tiefe >= 40	✓	
WC	Tiefe >= 65	60	WC austauschbar
Dusche	>= 90 x 90	✓	

Standard "ready plus"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
Vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 150	✓	ohne WaMa
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße	min. 4,0qm	3,8qm	geringf. Unterschreitung
Nutzfläche	min. 1,8m	1,5m	Flurbereich münitubar
Ausstattung	Tiefe >= 40	✓	
WC	Tiefe >= 65	60	WC austauschbar
Dusche	>= 90 x 90	✓	

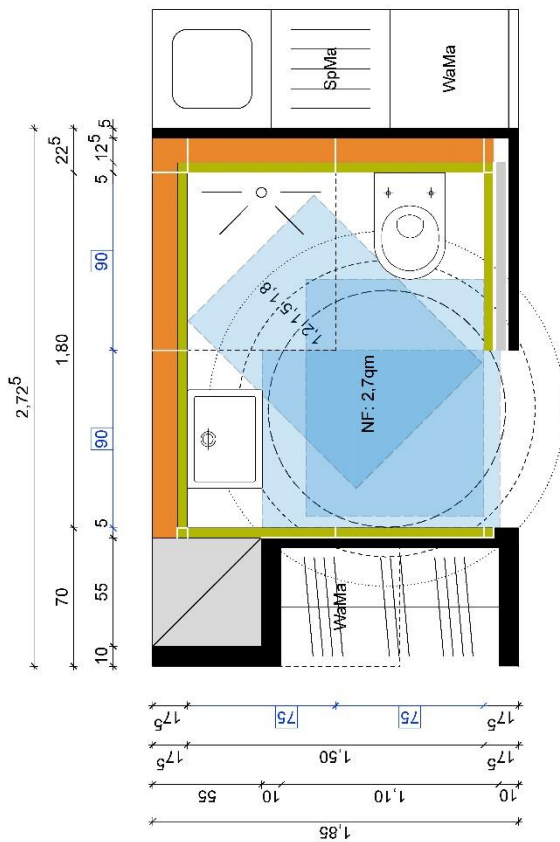


Standard DIN 18040-2 "barrierefrei"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	120 x 120	✓	
WC seitlich (alb)	20 20	✓	
vor Waschtisch	120 x 120	✓	
vor Badewanne	120 x 120	-	
im Durchbereich	120 x 120	90 x 110	Wandlen mit Gehhilfe mögl.
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	

Standard "ready"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor MT, WC, DU, BA	80 x 120	✓	
vor WaMa	60 x 80	-	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße	min. 3,6qm	2,7qm	keine Einschr. i.d. Nutzung
Nutzfläche	min. 1,7m	1,5m	Flurbereich minutzbar
Ausstattung	Tiefe >= 40	✓	
Waschtisch	Tiefe >= 65	60	WC austauschbar
Dusche	>= 90 x 90	✓	bodengl. Fläche: 90 x 110



Standard DIN 18040-2 "R-Standard"

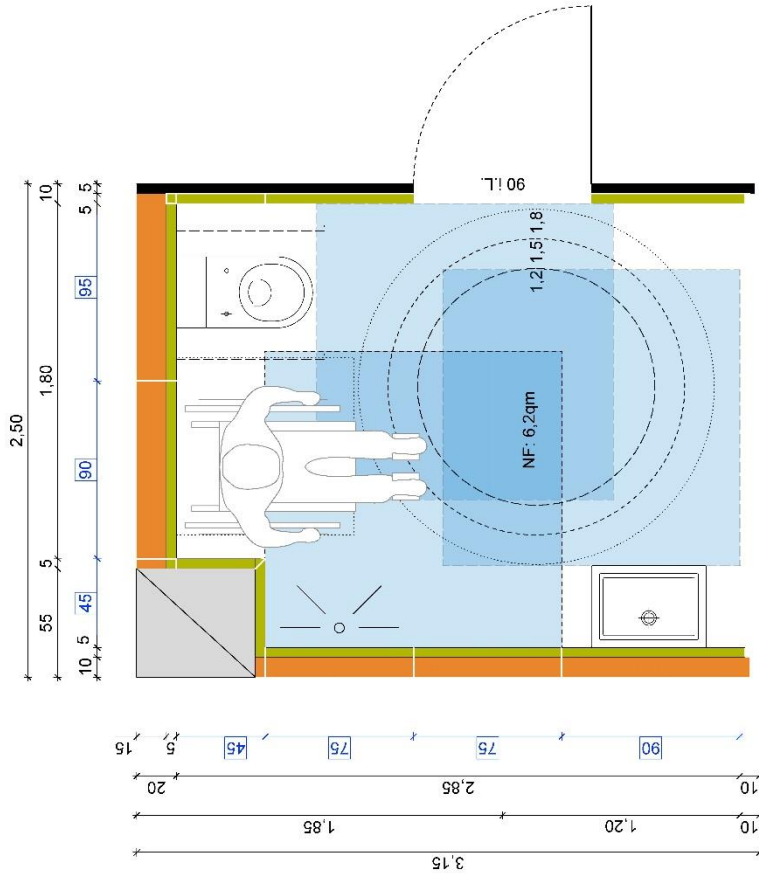
Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	150 x 150	✓	
WC seitlich (ab)	(30/90) x 70	✓	
vor Waschtisch	150 x 150	✓	
vor Badewanne	150 x 150	-	
im Durchbereich	150 x 150	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	

Standard "ready plus"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor MT, WC, DL, BA	90 x 120	✓	
vor WaiMa	60 x 90	-	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 150	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße			
Nutzfläche	min. 4,0qm	✓	
min. Wandlänge	min. 1,8m	✓	
Ausstattung			
WC	Tiefe >= 40	✓	
Waschtisch	Tiefe >= 65	✓	
Dusche	>= 90 x 90	✓	

Standard "all ready"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor MT, WC, DL, BA	90 x 120	✓	
vor WaiMa	60 x 90	-	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 160	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	
Raumgröße			
Nutzfläche	min. 6,0qm	✓	
min. Wandlänge	min. 2,2m	1,8m	nur Bereich Schiebt
Ausstattung			
WC	Tiefe >= 40	✓	
Waschtisch	Tiefe >= 65	✓	
Dusche	>= 90 x 90	✓	



Standard DIN 18040-2 "R-Standard"

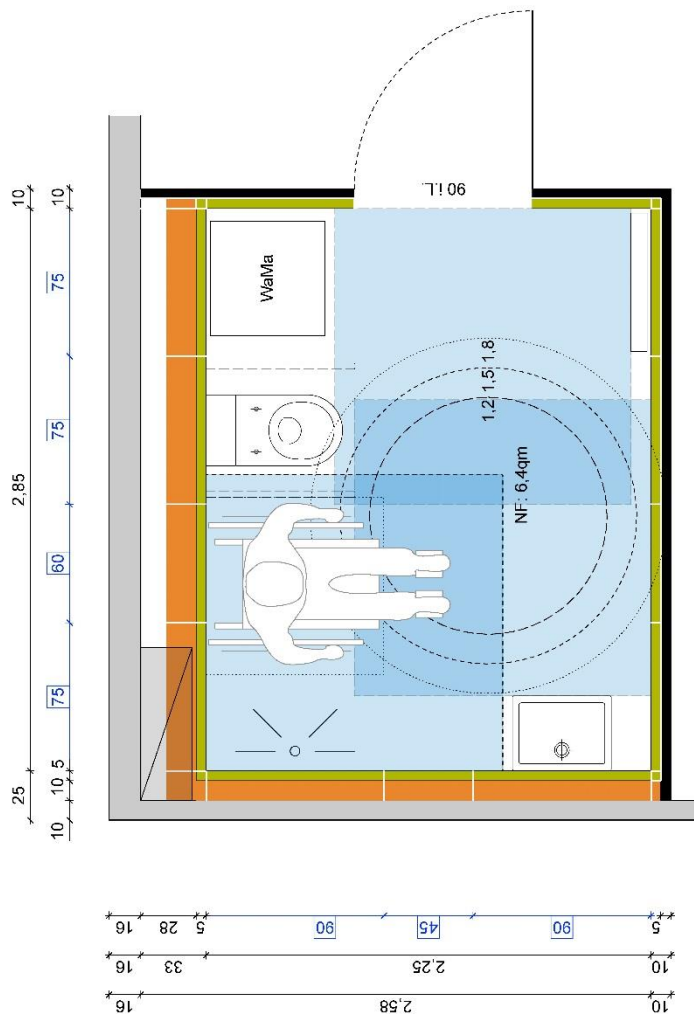
Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	150 x 150	✓	
WC seitlich (alb)	(30)90 x 70	✓	
vor Waschtisch	150 x 150	✓	
vor Badewanne	150 x 150	-	
im Duschbereich	150 x 150	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	

Standard "ready plus"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 150	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße			
Nutzfläche	min. 4,0qm	✓	
min. Wandlänge	min. 1,8m	✓	
Ausstattung			
Waschtisch	Tiefe >= 40	✓	
WC	Tiefe >= 65	✓	
Dusche	>= 90 x 90	✓	

Standard "all ready"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 180	170	
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	
Raumgröße			
Nutzfläche	min. 6,0qm	✓	
min. Wandlänge	min. 2,2m	✓	
Ausstattung			
Waschtisch	Tiefe >= 40	✓	
WC	Tiefe >= 65	✓	
Dusche	>= 90 x 90	✓	



Standard DIN 18040-2 "barrierefrei"

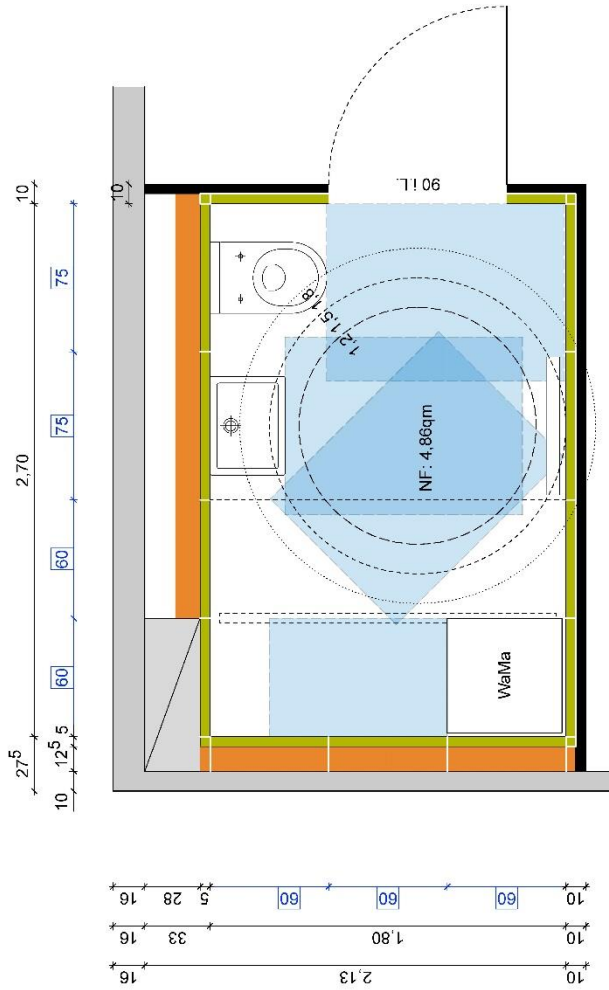
Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	120 x 120	✓	
WC seitlich (alb)	20 20	✓	
vor Waschtisch	120 x 120	✓	
vor Badewanne	120 x 120	-	
im Duschbereich	120 x 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	

Standard "ready"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	X	
Dreh- / Wendefläche	d >= 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße			
Nutzfläche	min. 3,6qm	✓	
min. Wandlänge	min. 1,7m	✓	
Ausstattung			
WC	Tiefe >= 40	✓	
Waschtisch	Tiefe >= 65	✓	
Dusche	>= 90 x 90	✓	

Standard "ready plus"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	X	
Dreh- / Wendefläche	d >= 150	✓	mit unterfahrn. Waschtisch
Durchgänge / Türen	b >= 60	✓	
Raumgröße			
Nutzfläche	min. 4,0qm	✓	
min. Wandlänge	min. 1,8m	✓	
Ausstattung			
WC	Tiefe >= 40	✓	
Waschtisch	Tiefe >= 65	✓	
Dusche	>= 90 x 90	✓	



Standard DIN 18040-2 "barrierefrei"

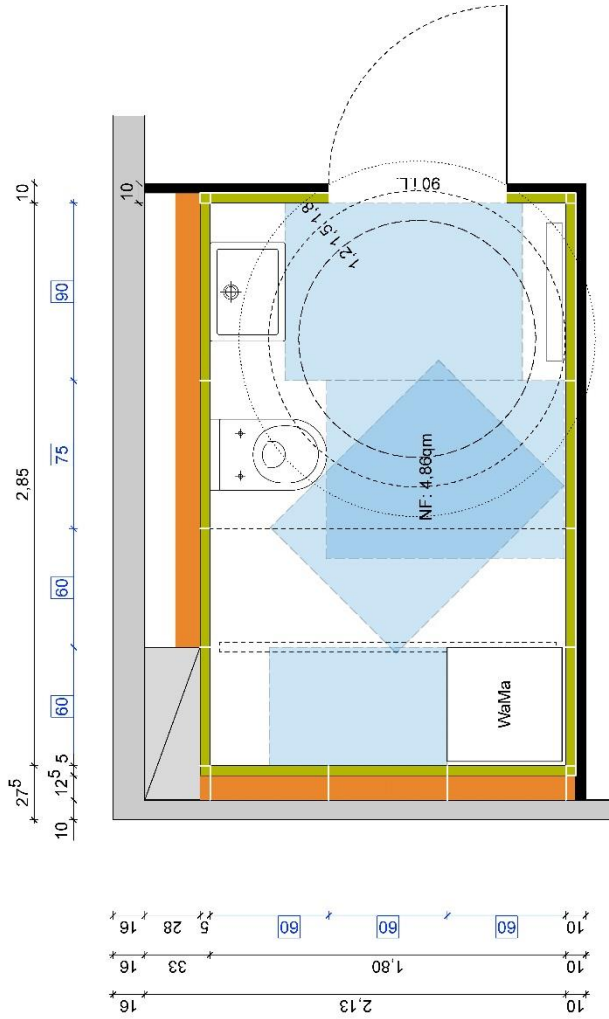
Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WC	120 x 120	{✓}	(bei flachem HK)
WC seitlich (alb)	20 20	✓	
vor Waschtisch	120 x 120	✓	
vor Badewanne	120 x 120	-	
im Duschbereich	120 x 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 90	✓	

Standard "ready"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 120	✓	
Durchgänge / Türen	b >= 80	✓	
Raumgröße		✓	
Nutzfläche	min. 3,6qm	✓	
min. Wandlänge	min. 1,7m	✓	
Ausstattung	Tiefe >= 40	✓	
Waschtisch	Tiefe >= 65	✓	
Dusche	>= 90 x 90	✓	

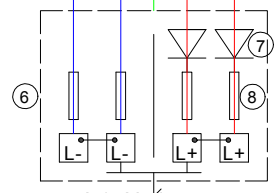
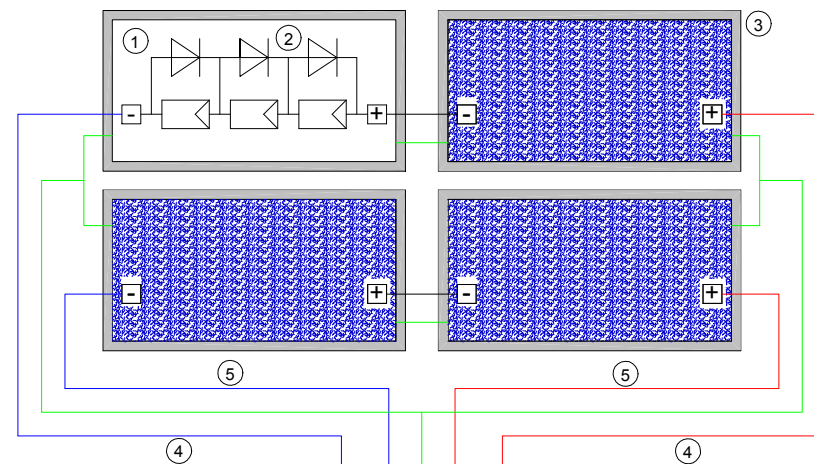
Standard "ready plus"

Anforderung	Soll	Ist	Begründung Abweichung
Bewegungsflächen vor WT, WC, DU, BA	90 x 120	✓	
vor WaMa	60 x 90	✓	
WC seitlich	90 x 90	✓	
Dreh- / Wendefläche	d >= 150	✓	mit unterfahrn. Waschtisch
Durchgänge / Türen	b >= 60	✓	
Raumgröße		✓	
Nutzfläche	min. 4,0qm	✓	
min. Wandlänge	min. 1,8m	✓	
Ausstattung	Tiefe >= 40	✓	
Waschtisch	Tiefe >= 65	✓	
WC	Tiefe >= 65	✓	
Dusche	>= 90 x 90	✓	

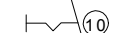


D Technische Gebäudeausrüstung

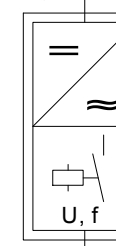
Bögl: 189 PV-Module (56,7 kWp), A_PV=317 m²
 Regnauer: 222 PV-Module (66,6 kWp), A_PV=372 m²
 Hersteller: SolarWorld, Type: Sunmodule plus SW 300 mono, 28° Aufständigung, Süd-Ausrichtung



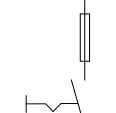
L1, N (9)



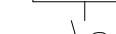
L1, N (11)



1 Wechselrichter
 Hersteller: SMW
 Type: Sunny Tripower 60



3 (L1, N, PE)

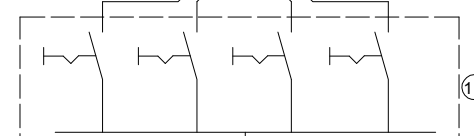


3 (L1, N, PE)

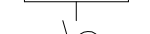
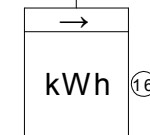
Verbraucher:

- # Elektrische Flächenheizung
- # Luft-/Wasser WP für TWW
- # E-Heizstäbe für TWW
- # Betriebs- und Haushaltsstrom

5 (L1, L2, L3, N, PE)



5 (L1, L2, L3, N, PE)



3 (L1, N, PE)

Nr	BEZEICHNUNG
①	Photovoltaik-Generator
②	Bypass-Dioden
③	Solarmodul
④	Strangleitung 1
⑤	Strangleitung 2
⑥	Generatoranschlusskasten
⑦	Strangdioden
⑧	Strangsicherungen
⑨	Gleichstromhauptleitung
⑩	Freischalteneinrichtung
⑪	Wechselrichter mit MPP-Tracking
⑫	Laderegler mit Spannungs- und Frequenzüberwachung
⑬	Einspeisezähler
⑭	Hauptleitungsschutzschalter Einspeisung (Leitungs- und Fehlerstromschutzschalter)
⑮	Hauptleitungsschutzschalter Verbrauch (Leitungs- und Fehlerstromschutzschalter)
⑯	Bezugszähler
⑰	Stromkreisverteiler
⑱	Hausanschlusskasten

Anschluss öffentliches Stromnetz
 Niederspannungsebene 400 V

Bauen mit Weitblick (BmW)

Projekt: BmW - Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau	Schemazeichnung Elektro
	PV-Anlage mit Stromnetzanbindung
Projektadresse: TU München - Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen	Maßstab: M=1: /
	Datum: 25.07.2017
	Projekt-Nr.: 2017001
	Planverfasser: Lukas Lauss



Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen
 Professor Dipl.-Ing. Thomas Auer
 Technische Universität München
 Arcisstraße 21, 80333 München

SYMBOL	BEZEICHNUNG
	3-Wege Mischventil mit Motor
	3-Wege Misch- oder Verteilventil
	Gas-Brennwerttherme
	Plattenwärmetauscher/Frischwassermodul
	Verbraucher (TWW & KW)
	Absperrarmatur
	Abfluss
	Entlüftung
	Füll- und Entleerungshahn
	Manometer
	Membranausdehnungsgefäß
	Hydraulischer Entkopplungsspeicher
	Pumpenbaugruppe
	Rohrleitung-Vorlauf
	Rohrleitung-Rücklauf
	Rückschlagventil
	Sicherheitsventil
	Solarthermie-Kollektoren
	Thermometer
	Umwälzpumpe
	Verbraucher (Raumwärme)
	Wärmemengen- bzw. Wasserzähler
	Druckminderer
	Wasserfilter
	Ventilator
	Motorische Absperrklappe
	Wetterschutzgitter/Deflektor
	Schalldämpfer
	Luftfilter

BOGL: 51 Solarthermie-Kollektoren
 REGNAUER: 52 Solarthermie-Kollektoren
 45° Aufständering, Süd-Ausrichtung
 Hersteller: Sonnenkraft, Type: SKR500

BOGL: Norm-Gebäudeheizlast=58,2 kW
 REGNAUER: Norm-Gebäudeheizlast=54,3 kW
 Gas-Brennwerttherme
 Hersteller: Viessmann
 Type: Vitocrossal 300 CU3A
 Q_{60/40°C} = 11,7 - 58,5 kW

Hydr. Entkopplungsspeicher 1
 Hersteller: Wolf
 Type: SPLU2-4000
 Nennvolumen=3950 Liter

Hydr. Entkopplungsspeicher 2
 Hersteller: Wolf
 Type: SPLU2-4000
 Nennvolumen=3950 Liter

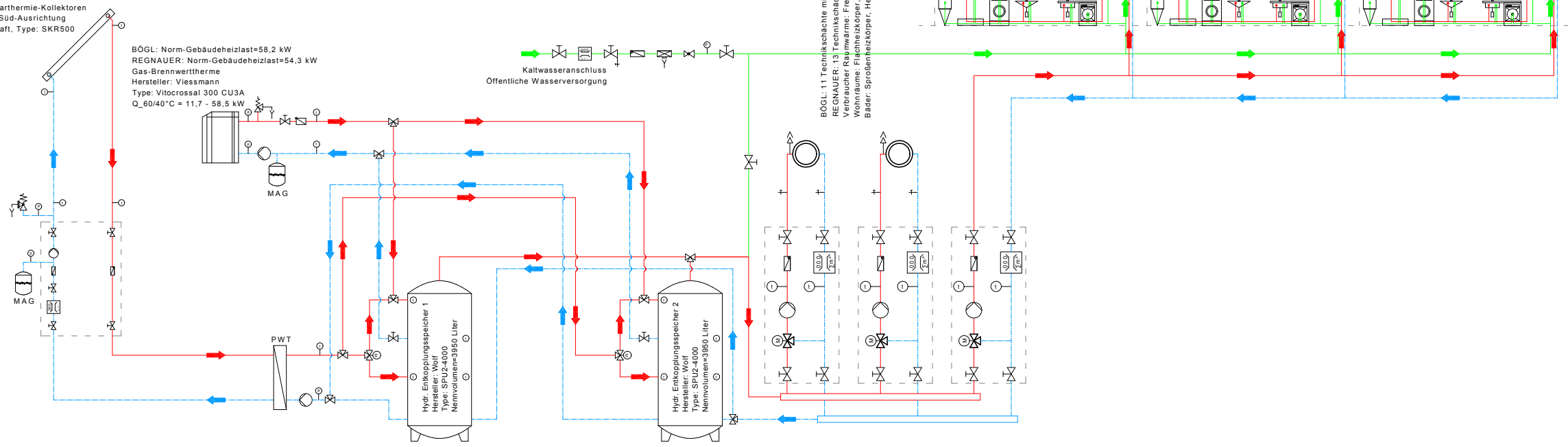
BOGL: 11 Technikschränke mit Versorgungssträngen
 REGNAUER: 13 Technikschränke mit Versorgungssträngen
 Verbraucher Raumwärme: Freie Heizflächen
 Wohnräume: Flachheizkörper, Hersteller: Steirad, Type: Verex BL500 BH1800 Typ21
 Bäder: Spülheizkörper, Hersteller: Steirad, Type: Dahlia BL495 BH1181

Notfall-Ventilator
 (im Brandfall: Rauchabzug)

Abluft
 BOGL: V_{pkt} = 2040 m³/h
 REGNAUER: V_{pkt} = 2520 m³/h

Abluftanlage
 Hersteller: Maico, Type: DZD 40/4 B

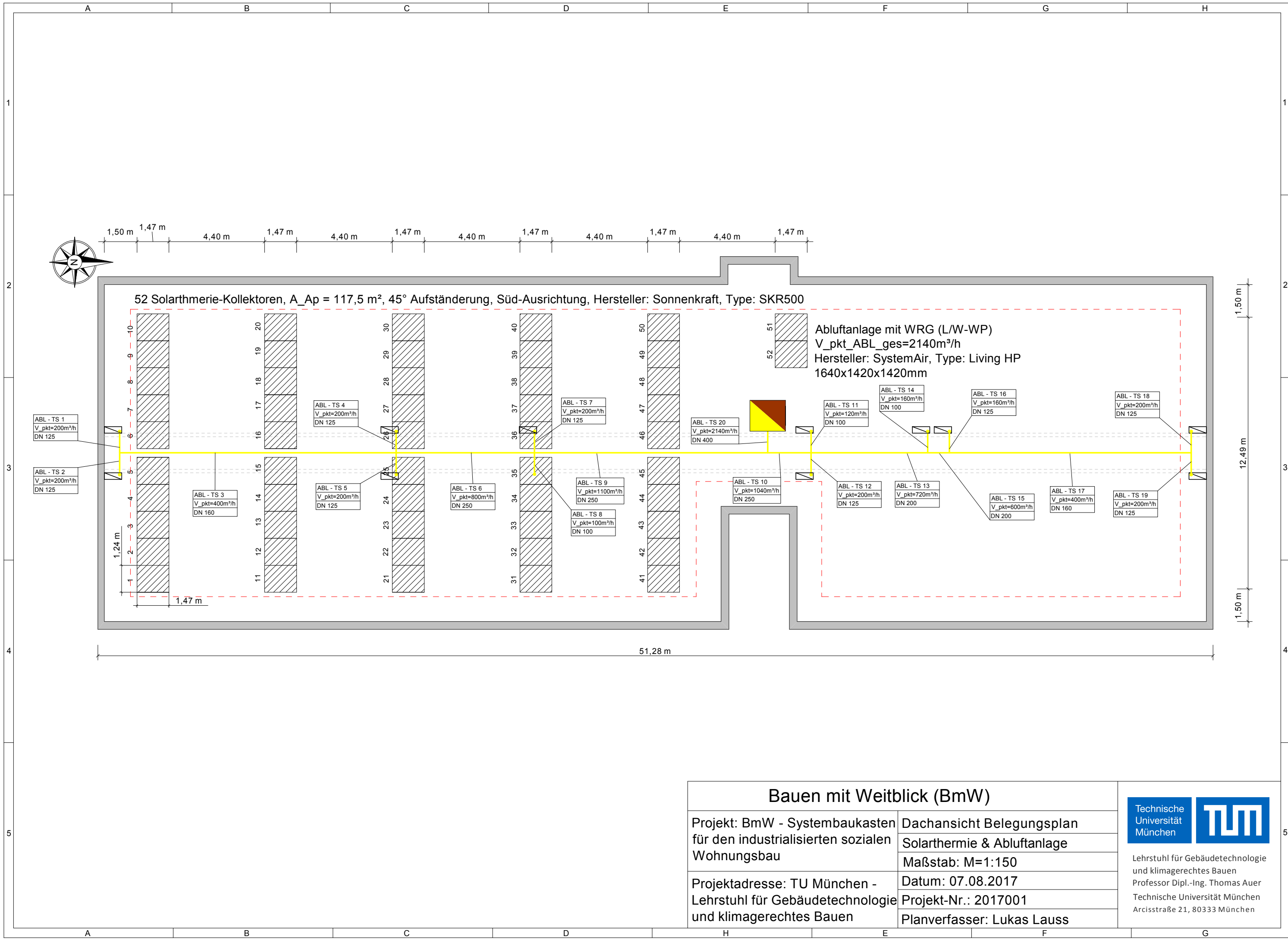
Fortluft
 BOGL: V_{pkt} = 2040 m³/h
 REGNAUER: V_{pkt} = 2520 m³/h



Bauen mit Weitblick (BmW)	
Projekt: BmW - Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau	Schema
	Wärme- und Wasserversorgung
Projektadresse: TU München - Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen	Maßstab: M=1: /
	Datum: 20.09.2017
	Projekt-Nr.: 2017001
	Planverfasser: Lukas Lauss



Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen
 Professor Dipl.-Ing. Thomas Auer
 Technische Universität München
 Arcisstraße 21, 80333 München



52 Solarthermie-Kollektoren, A_{Ap} = 117,5 m², 45° Aufständerung, Süd-Ausrichtung, Hersteller: Sonnenkraft, Type: SKR500

Abluftanlage mit WRG (L/W-WP)
 V_{pkt_ABL_ges}=2140m³/h
 Hersteller: SystemAir, Type: Living HP
 1640x1420x1420mm

ABL - TS 1
 V_{pkt}=200m³/h
 DN 125

ABL - TS 3
 V_{pkt}=400m³/h
 DN 160

ABL - TS 4
 V_{pkt}=200m³/h
 DN 125

ABL - TS 5
 V_{pkt}=200m³/h
 DN 125

ABL - TS 6
 V_{pkt}=800m³/h
 DN 250

ABL - TS 8
 V_{pkt}=100m³/h
 DN 100

ABL - TS 9
 V_{pkt}=1100m³/h
 DN 250

ABL - TS 20
 V_{pkt}=2140m³/h
 DN 400

ABL - TS 10
 V_{pkt}=1040m³/h
 DN 250

ABL - TS 11
 V_{pkt}=120m³/h
 DN 100

ABL - TS 14
 V_{pkt}=160m³/h
 DN 100

ABL - TS 12
 V_{pkt}=200m³/h
 DN 125

ABL - TS 13
 V_{pkt}=720m³/h
 DN 200

ABL - TS 16
 V_{pkt}=160m³/h
 DN 125

ABL - TS 15
 V_{pkt}=600m³/h
 DN 200

ABL - TS 17
 V_{pkt}=400m³/h
 DN 160

ABL - TS 18
 V_{pkt}=200m³/h
 DN 125

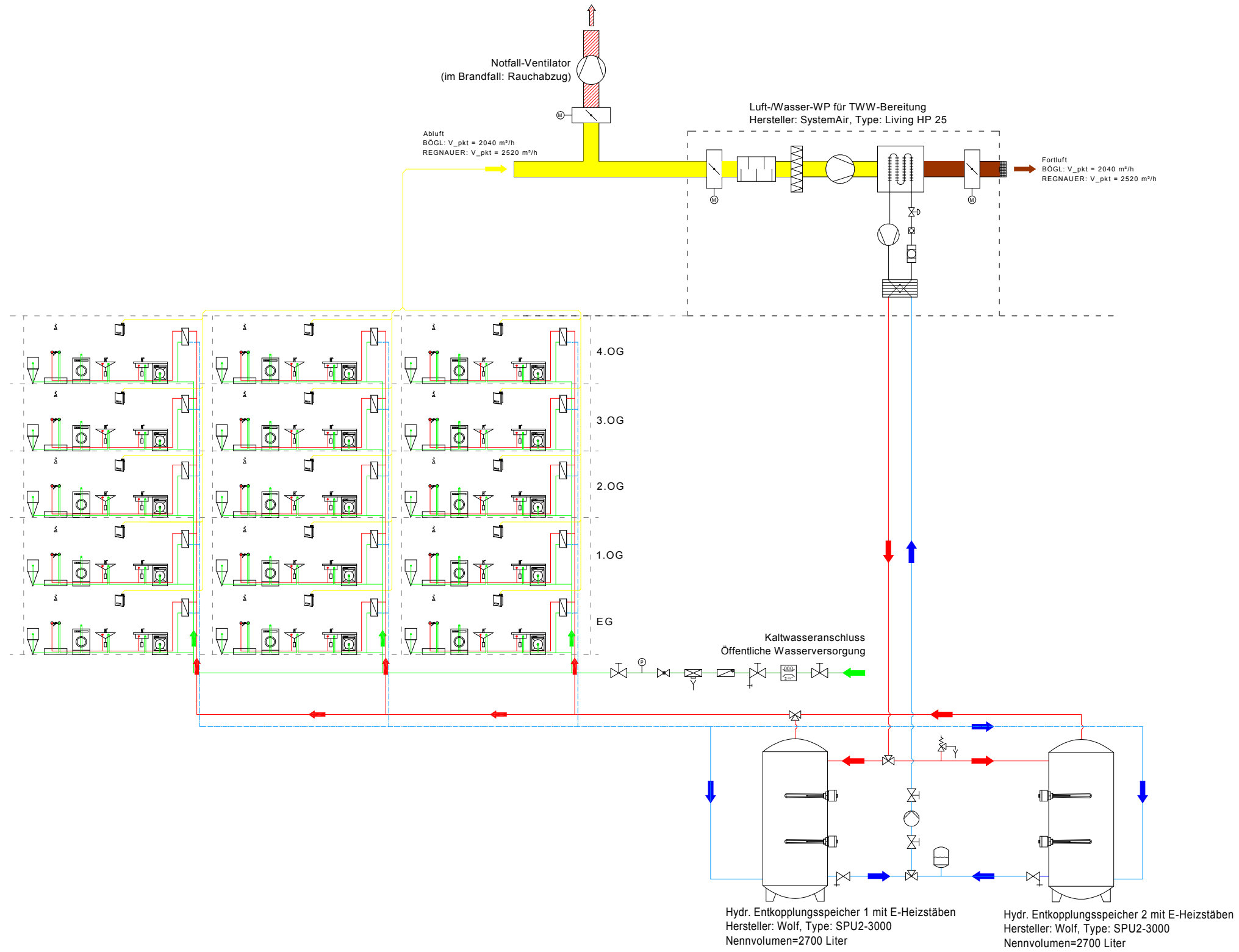
ABL - TS 19
 V_{pkt}=200m³/h
 DN 125

Bauen mit Weitblick (BmW)	
Projekt: BmW - Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau	Dachansicht Belegungsplan Solarthermie & Abluftanlage
Projektadresse: TU München - Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen	Maßstab: M=1:150
	Datum: 07.08.2017
	Projekt-Nr.: 2017001
	Planverfasser: Lukas Lauss



Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen
 Professor Dipl.-Ing. Thomas Auer
 Technische Universität München
 Arcisstraße 21, 80333 München

SYMBOL	BEZEICHNUNG
	3-Wege Mischventil mit Motor
	3-Wege Misch- oder Verteilventil
	Gas-Brennwerttherme
	Plattenwärmetauscher/Frischwassermodul
	Verbraucher (TWW & KW)
	Absperrarmatur
	Abfluss
	Entlüftung
	Füll- und Entleerungshahn
	Manometer
	Membranausdehnungsgefäß
	Hydraulischer Entkopplungsspeicher
	Pumpenbaugruppe
	Rohrleitung-Vorlauf
	Rohrleitung-Rücklauf
	Rückschlagventil
	Sicherheitsventil
	Solarthermie-Kollektoren
	Thermometer
	Umwälzpumpe
	Verbraucher (Raumwärme)
	Wärmemengen- bzw. Wasserzähler
	Druckminderer
	Wasserfilter
	Ventilator
	Motorische Absperrklappe
	Wetterschutzgitter/Deflektor
	Schalldämpfer
	Luffilter



Bauen mit Weitblick (BmW)	
Projekt: BmW - Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau	Schema
	Wärme- und Wasserversorgung
Projektadresse: TU München - Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen	Maßstab: M=1: /
	Datum: 04.09.2017
	Projekt-Nr.: 2017004
	Planverfasser: Lukas Lauss



Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen
Professor Dipl.-Ing. Thomas Auer
Technische Universität München
Arcisstraße 21, 80333 München

E Grundrisskatalog Bausystem Flächenelemente

Systembaukasten für den
industrialisierten sozialen Wohnungsbau

**Planungssystematik und
Grundrisskatalog**

AP 2

Professur für Entwerfen und Holzbau

Prof. Hermann Kaufmann

Dipl. Ing. Arch. Anne Niemann

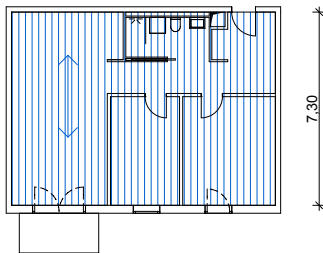
Dipl. Ing. Arch. Christian Schühle



Inhalt

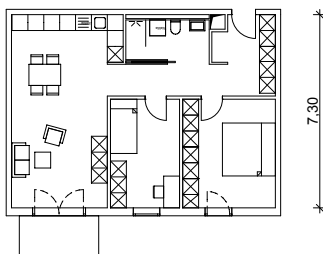
- S. 03 Grundlagen
- S. 09 Grundrisskatalog
- S. 15 Baugruppen
- S. 22 Typologien

GRUNDLAGEN

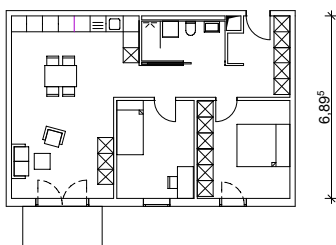


Spannrichtung der Decke und maximale lichte Tiefe am Beispiel 3-Zi-Wohnung

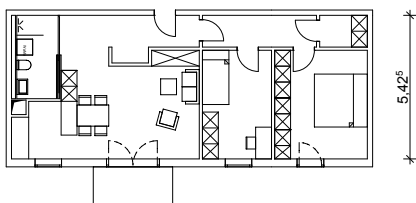
V1: 7,30 m lichte Tiefe



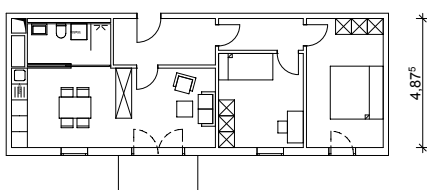
V2: 6,90 m lichte Tiefe



V3: 5,42⁵ m lichte Tiefe



V4: 4,87⁵ m lichte Tiefe



Das Bausystem

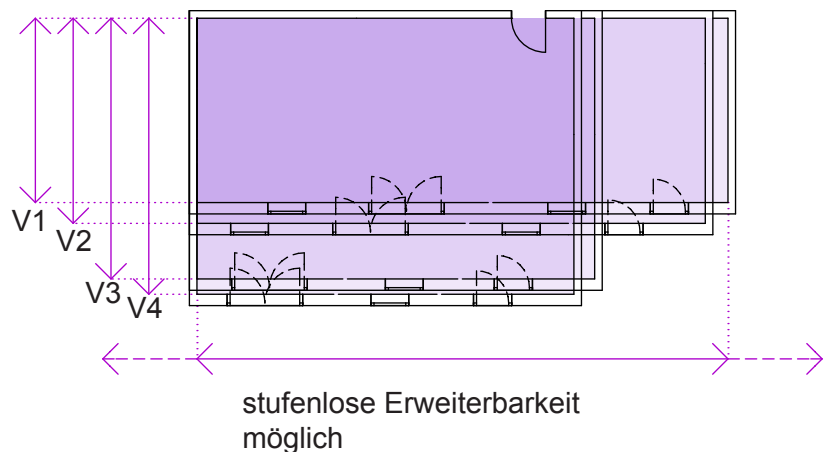
Die verwendete Decke erlaubt eine maximale lichte Tiefe der Grundrisse von 7,30 m. Die Anzahl der Installationsschächte wird minimiert, um Bau- und Wartungskosten zu sparen und die Kombinatorik der Nicht-Sortenreinen Baugruppen zu erleichtern.

Maßsystematik

In Abhängigkeit von der maximalen Deckenspannweite und der Nutzbarkeit sind verschiedenen Tiefen möglich. V1 erlaubt die maximale Ausnutzung der Konstruktion, V2 ist die optimierte Weiterentwicklung mit besser proportionierten und flexibler möblierbaren Räumen. V3 und V4 sind durch die geringe Tiefe gut zu belichten und eignen sich zur Kombinatorik von Punkthaustypologien. Allen Varianten liegen Mindestmaße zur barrierefreien Nutzung zu Grunde.

Die Größen der Grundrisse beziehen sich auf die Kriterien des Anforderungskatalogs und sind in ihrer Systematik so aufeinander abgestimmt, dass sich leicht Kombinationen und Baugruppen erstellen lassen.

Das Bausystem der Firma Regnauer mit vorgefertigten Flächenelementen erlaubt im Prinzip die stufenlose Erweiterbarkeit der Grundrisse. So kann flexibel auf Vorgaben, z.B. Grundstückszuschnitte oder geforderte Mietflächen, reagiert werden. Im Grundrisskatalog gezeigt werden Grundtypen, die variiert und weiterentwickelt werden können.

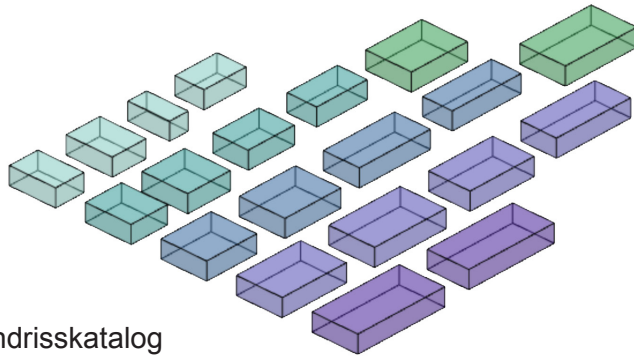


Planungssystematik

Im Folgenden werden die Auswahlsschritte für die Planung mehrgeschossiger Wohnbauten aufgezeigt. Die Reihenfolge kann, je nach Projekt, variiert werden

Auswahl der Grundrisstypen

Auswählen aus Grundrissen verschiedener Größe aus dem Grundrisskatalog. Angeboten werden 1- bis 5-Zi-Typen gemäß den Kriterien des Anforderungskatalogs.



Grundrisskatalog



Zusammenfügen zu Baugruppen

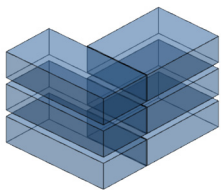
Zusammenfügen der Grundrisse zu räumlichen Baugruppen verschiedener Arten und Dimensionen.



BG-So

Sortenreine Baugruppen (So)

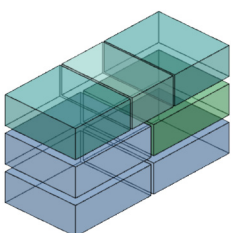
Der gleiche Grundrisstyp wird übereinander gestapelt.



BG-SoG

Sortenreine gemischte Baugruppen (SoG)

Grundrisse werden kombiniert und in der gleichen Anordnung übereinander gestapelt.



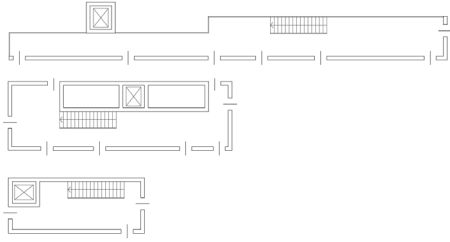
BG-NSo

Nicht-Sortenreine Baugruppen (NSo)

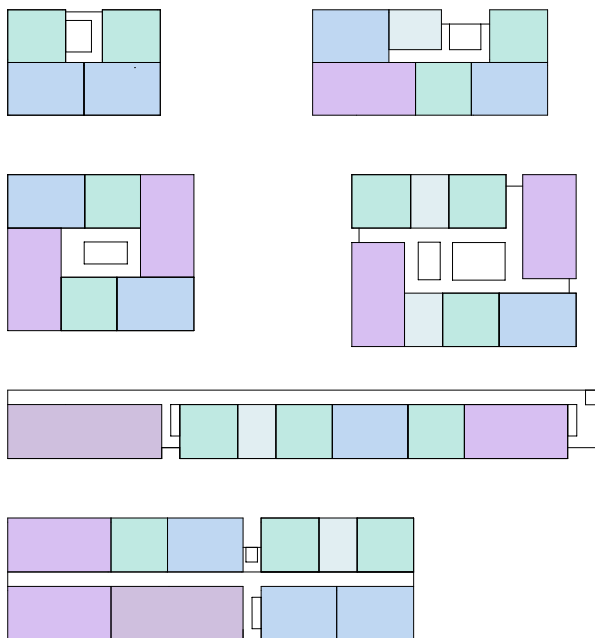
Grundrisse werden einzeln oder kombiniert mit anderen Grundrissen übereinander gestapelt. Dadurch wird im Gebäude eine größere Durchmischung von Wohnungstypen, auch auf unterschiedlichen Geschossen, ermöglicht.



Erschliessung



Gebäudetypologien



Spänner

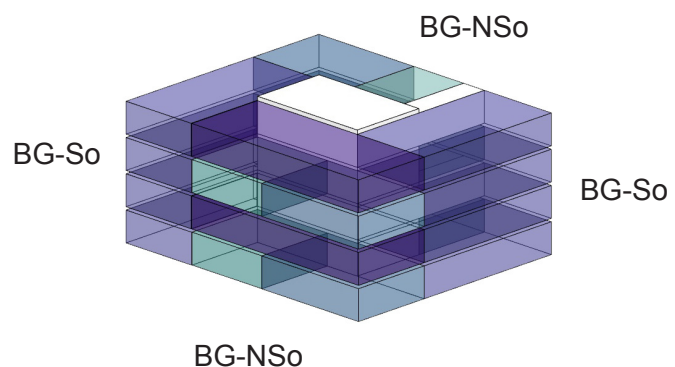
Punkthaus

Laubengang

Mittelflurtyp

Wohnungsmix

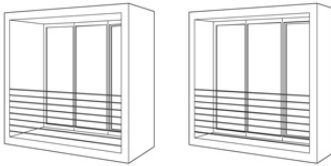
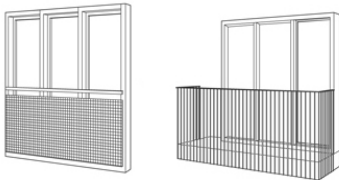
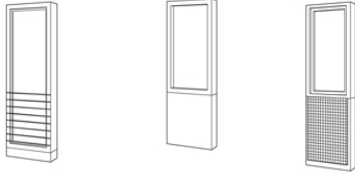
Durch die Anordnung Nicht-Sortenreiner Baugruppen kann ein genauer Wohnungsmix und eine Durchmischung der Wohnungstypen erreicht werden. Dies führt zu größerer Flexibilität in der Planung.



Beispiel mehrgeschossiges Punkthaus mit Kombination aus Sortenreinen und Nicht-Sortenreinen Baugruppen



Zusatzelemente



Gestalten der Fassade durch die Kombination von Elementen

Unter Berücksichtigung des Konstruktionskonzeptes sind die Auswahl verschiedener Fensterformate und Balkone möglich. Fassadenmaterialien können, abhängig von den örtlichen Bauvorschriften, individuell für jedes Projekt bestimmt werden.



Fassadenstudie



Beispiel einer Planung

Beispielhafte Beplanung eines Grundstückes mit 188 Wohneinheiten

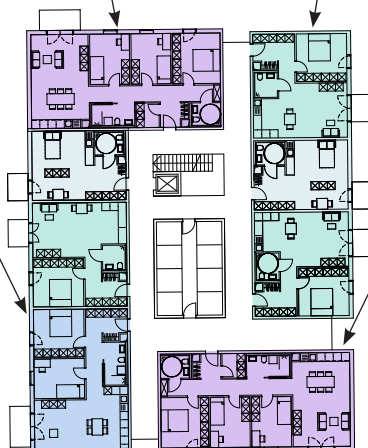
Grundrissauswahl



Baugruppenkombinationen



Gebäudetypologie



Platzierung auf Grundstück



GRUNDRISSKATALOG

V1 (7,30 m lichte Tiefe), R (Regelausführung)

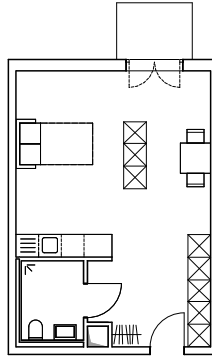
V1 R1

Zimmeranzahl: 1
Personenanzahl: 1

Wohnraum (WR): 25,20 m²
Flur (F): 5,13 m²
Abstell (A): 2,28 m²
Bad (B): 3,47 m²
Balkon (BI): 1,50 m²

Wohnfläche: 35,1 m²

R Wohnung
1 Zi 35,1m² inkl. Balkon (A/2)
35m² - 48m²



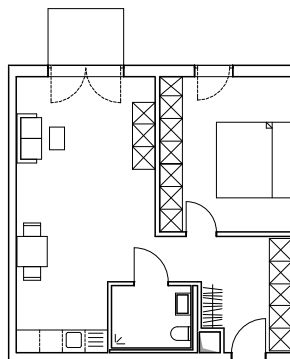
V1 R2

Zimmeranzahl: 2
Personenanzahl: 2

Wohnküche (WK): 24,47 m²
Zimmer (Z): 14,37 m²
Flur (F): 5,87 m²
Abstell (A): 2,59 m²
Bad (B): 3,47 m²
Balkon (BI): 1,50 m²

Wohnfläche: 51,6 m²

R Wohnung
2 Zi 52,3m² inkl. Balkon (A/2)
50m² - 61m²



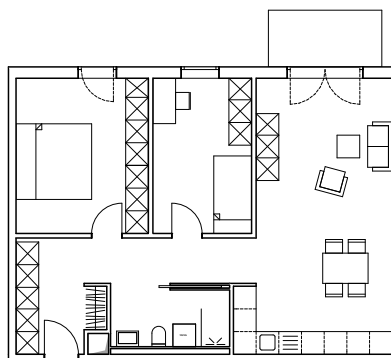
V1 R3

Zimmeranzahl: 3
Personenanzahl: 3

Wohnküche (WK): 27,36 m²
Zimmer (Z): 25,08 m²
Flur (F): 9,15 m²
Abstell (A): 2,54 m²
Bad (B): 4,72 m²
Balkon (BI): 2,25 m²

Wohnfläche: 71,4 m²

R Wohnung
3 Zi 71,4m² inkl. Balkon (A/2)
62m² - 75m²



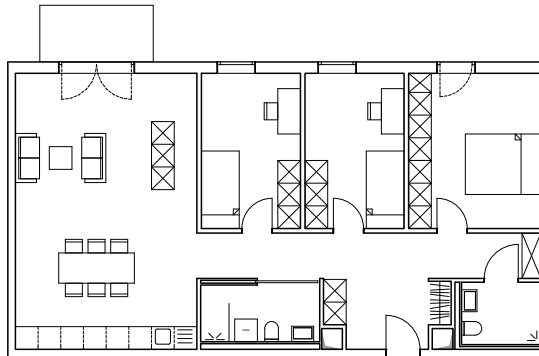
V1 R4

Zimmeranzahl: 4
Personenanzahl: 4

Wohnküche (WK): 35,04 m²
Zimmer (Z): 35,93 m²
Flur (F): 14,41 m²
Abstell (A): 2,01 m²
Bad (B): 8,19 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²

Wohnfläche: 91,9 m²

R Wohnung
4 Zi 91,95 m² inkl. Balkon (A/2)
77m² - 90m²



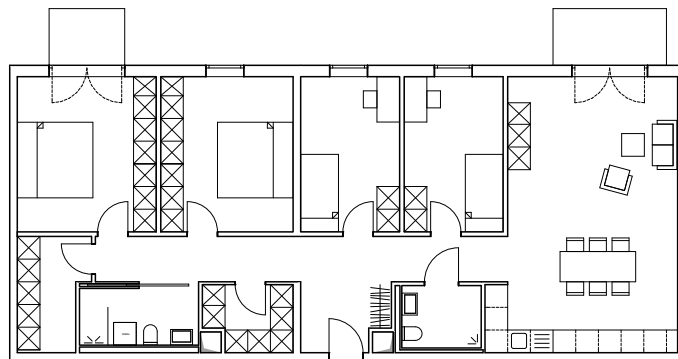
V1 R5

Zimmeranzahl: 5
Personenanzahl: 5-6

Wohnküche (WK): 33,89 m²
Zimmer (Z): 50,42 m²
Flur (F): 17,20 m²
Abstell (A): 9,19 m²
Bad (B): 8,19 m²
Balkon (Bl): 3,75 m²

Wohnfläche: 121,7 m²

R Wohnung
5 Zi teilbar, 121,7m² inkl. Balkon (A/2)
90m² - 105m²



V2 (6,90 m lichte Tiefe), R (Regelausführung)

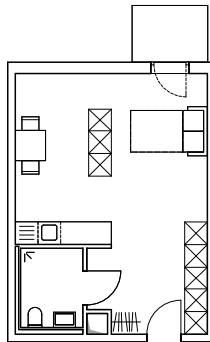
V2 R1

Zimmeranzahl: 1
Personenanzahl: 1

R Wohnung
1 Zi 35,1m² inkl. Balkon (A/2)
35m² - 48m²

Wohnraum (WR): 22,80 m²
Flur (F): 4,97 m²
Abstell (A): 2,28 m²
Bad (B): 3,47 m²
Balkon (Bl): 1,50 m²

Wohnfläche: 35,1 m²



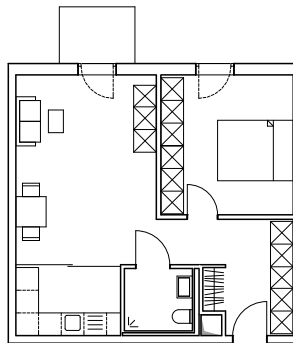
V2 R2

Zimmeranzahl: 2
Personenanzahl: 2

R Wohnung
2 Zi 49,8m² inkl. Balkon (A/2)
50m² - 61m²

Wohnküche (WK): 23,92 m²
Zimmer (Z): 12,95 m²
Flur (F): 5,86 m²
Abstell (A): 2,54 m²
Bad (B): 3,05 m²
Balkon (Bl): 1,50 m²

Wohnfläche: 49,8 m²



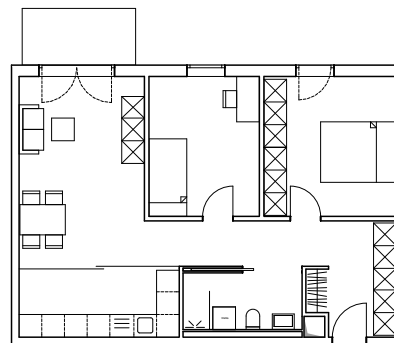
V2 R3

Zimmeranzahl: 3
Personenanzahl: 3

R Wohnung
3 Zi 67,4m² inkl. Balkon (A/2)
62m² - 75m²

Wohnküche (WK): 25,81 m²
Zimmer (Z): 23,75 m²
Flur (F): 8,36 m²
Abstell (A): 2,54 m²
Bad (B): 4,72 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²

Wohnfläche: 67,4 m²



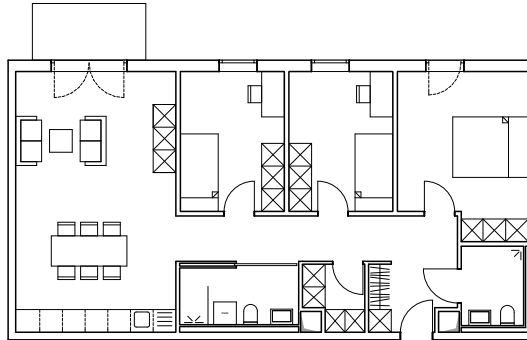
V2 R4

Zimmeranzahl: 4
Personenanzahl: 4

Wohnküche (WK): 29,21 m²
Zimmer (Z): 34,71 m²
Flur (F): 11,83 m²
Abstell (A): 3,66 m²
Bad (B): 8,19 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²

Wohnfläche: 89,55 m²

R Wohnung
4 Zi 89,55 m² inkl. Balkon (A/2)
77m² - 90m²



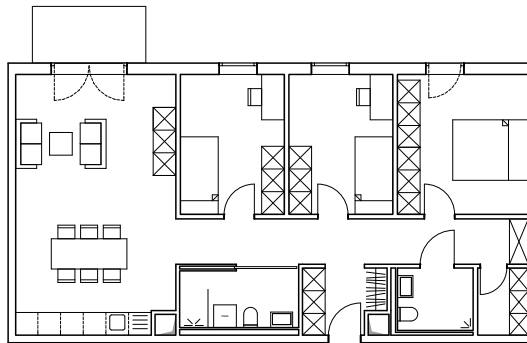
V2 R4a/b (spiegelbar)

Zimmeranzahl: 4
Personenanzahl: 4

Wohnküche (WK): 29,21 m²
Zimmer (Z): 33,29 m²
Flur (F): 12,53 m²
Abstell (A): 4,73 m²
Bad (B): 8,19 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²

Wohnfläche: 89,55 m²

R Wohnung
4 Zi 89,55 m² inkl. Balkon (A/2)
77m² - 90m²



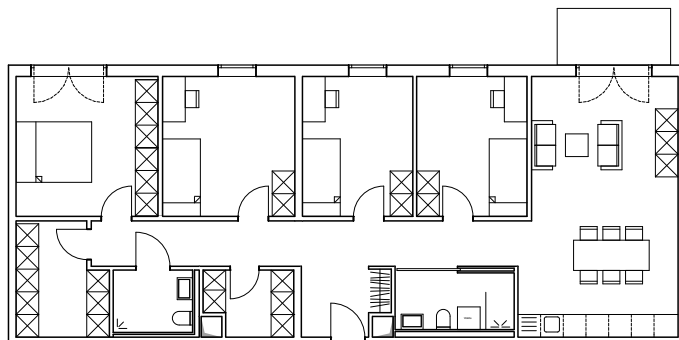
V2 R5

Zimmeranzahl: 5
Personenanzahl: 5-6

Wohnküche (WK): 28,10 m²
Zimmer (Z): 48,24 m²
Flur (F): 16,79 m²
Abstell (A): 11,34 m²
Bad (B): 8,19 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²

Wohnfläche: 114,9 m²

R Wohnung
5 Zi teilbar, 114,9m² inkl. Balkon (A/2)
90m² - 105m²

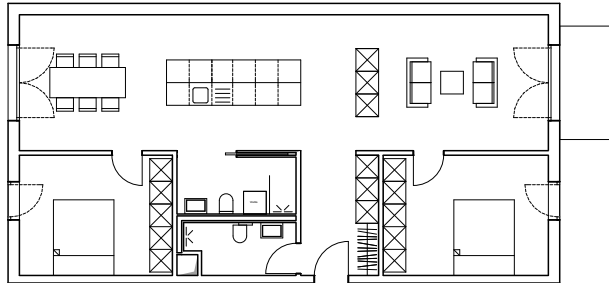


V2 PLUS3 (barrierefrei)

Zimmeranzahl: 3
Personenanzahl: 2-4

Wohnküche (WK): 50,29 m²
Zimmer (Z): 26,77 m²
Flur (F): 4,82 m²
Abstell (A): 1,91 m²
Bad (B): 8,58 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²

Wohnfläche: 94,6 m²

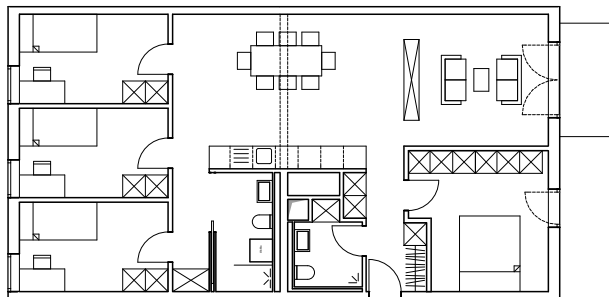


V2 S5

Zimmeranzahl: 5
Personenanzahl: 4-5

Wohnküche (WK): 38,33 m²
Zimmer (Z): 40,53 m²
Flur (F): 5,81 m²
Abstell (A): 2,83 m²
Bad (B): 7,81 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²

Wohnfläche: 97,6 m²

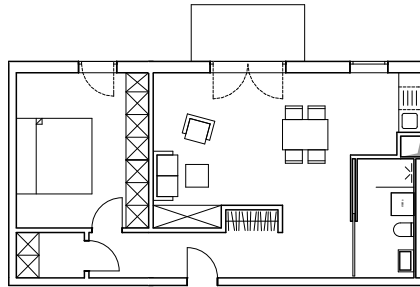


V3 (5,42 m lichte Tiefe), R (Regelausführung)

V3 R2

Zimmeranzahl: 2
Personenanzahl: 2

Wohnküche (WK): 22,42 m²
Zimmer (Z): 14,37 m²
Flur (F): 9,60 m²
Abstell (A): 4,07 m²
Bad (B): 4,72 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²

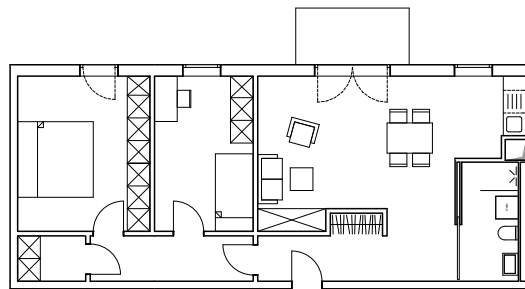


Wohnfläche: 57,4 m²

V3 R3

Zimmeranzahl: 3
Personenanzahl: 3

Wohnküche (WK): 22,42 m²
Zimmer (Z): 25,08 m²
Flur (F): 12,73 m²
Abstell (A): 4,07 m²
Bad (B): 4,72 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²



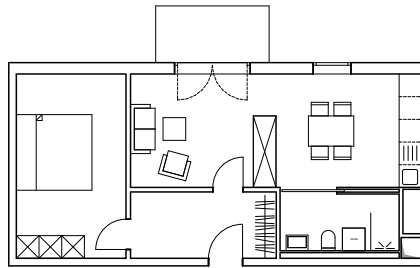
Wohnfläche: 71,2 m²

V4 (4,87⁵ m lichte Tiefe), R (Regelausführung)

V4 R2

Zimmeranzahl: 2
Personenanzahl: 2

Wohnküche (WK): 21,98 m²
Zimmer (Z): 14,14 m²
Flur (F): 5,71 m²
Abstell (A): 2,18 m²
Bad (B): 4,72 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²

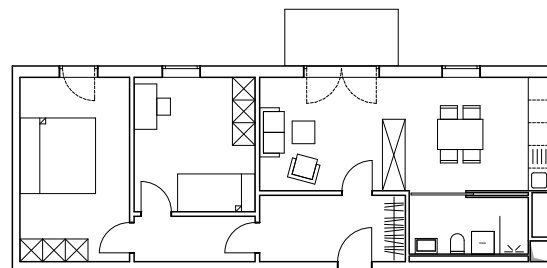


Wohnfläche: 51,0 m²

V4 R3

Zimmeranzahl: 3
Personenanzahl: 3

Wohnküche (WK): 21,98 m²
Zimmer (Z): 25,52 m²
Flur (F): 9,55 m²
Abstell (A): 2,18 m²
Bad (B): 4,72 m²
Balkon (Bl): 2,25 m²



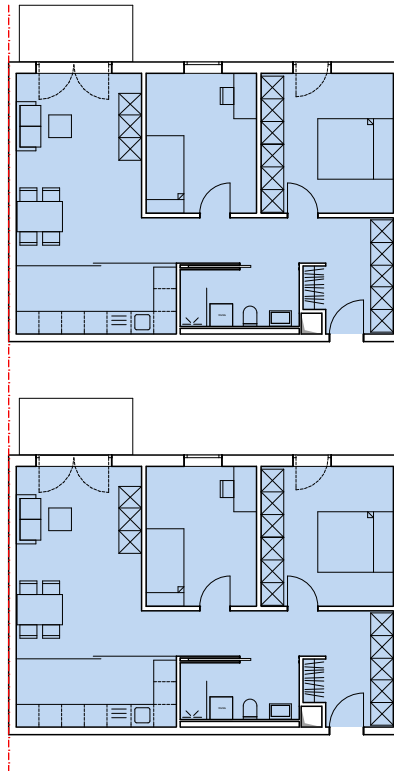
Wohnfläche: 66,2 m²

RÄUMLICHE BAUGRUPPEN

Sortenreine Baugruppen (So)

So - V2 R3

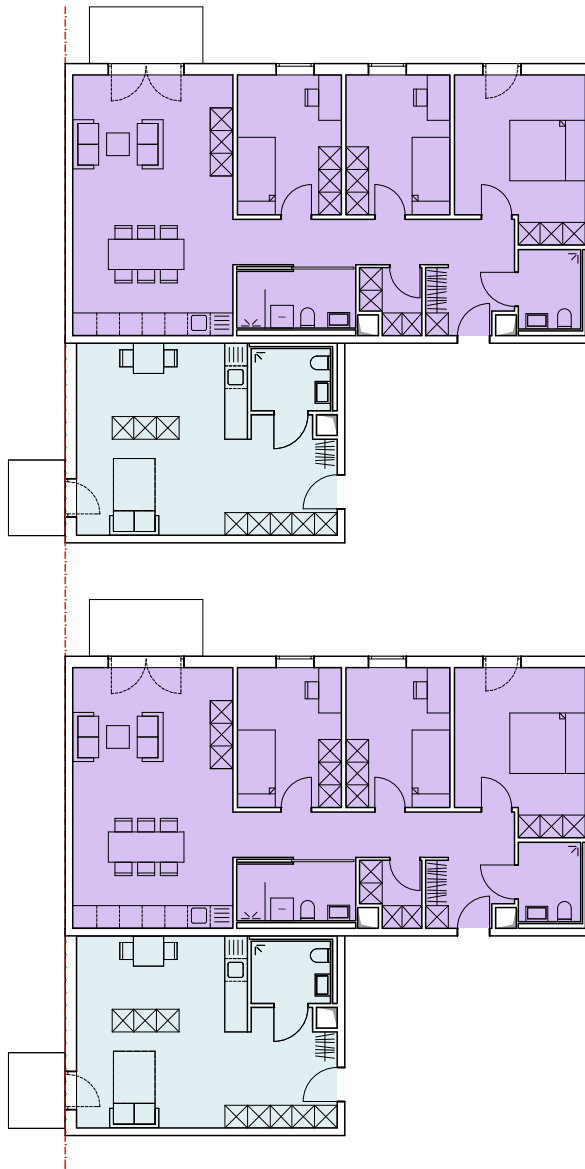
Bei *Sortenreinen Baugruppen* ist der gleiche Grundrisstyp übereinander gestapelt. Dies ist mit allen denkbaren Grundrissen möglich, daher wird hier exemplarisch ein Typus vorgestellt (M 1:200).



Sortenreine gemischte Bau- gruppen (SoG)

SoG - V2 R4/V2 R1

Bei *Sortenrein gemischten Bau-
gruppen* werden Grundrisse kom-
biniert und in der gleichen Anord-
nung übereinander gestapelt. Dies
ist mit allen denkbaren Grundrissen
möglich, daher wird hier exemp-
larisch ein Typus vorgestellt (M
1:200).



Nicht-Sortenreine Bau- gruppen (NSo)

Bei *Nicht-Sortenrein gemischten Baugruppen* werden Grundrisse einzeln oder kombiniert mit anderen Grundrissen übereinander gestapelt. Dadurch wird im Gebäude eine größere Durchmischung von Wohnungstypen, auch auf unterschiedlichen Geschossen, ermöglicht (M 1:200).

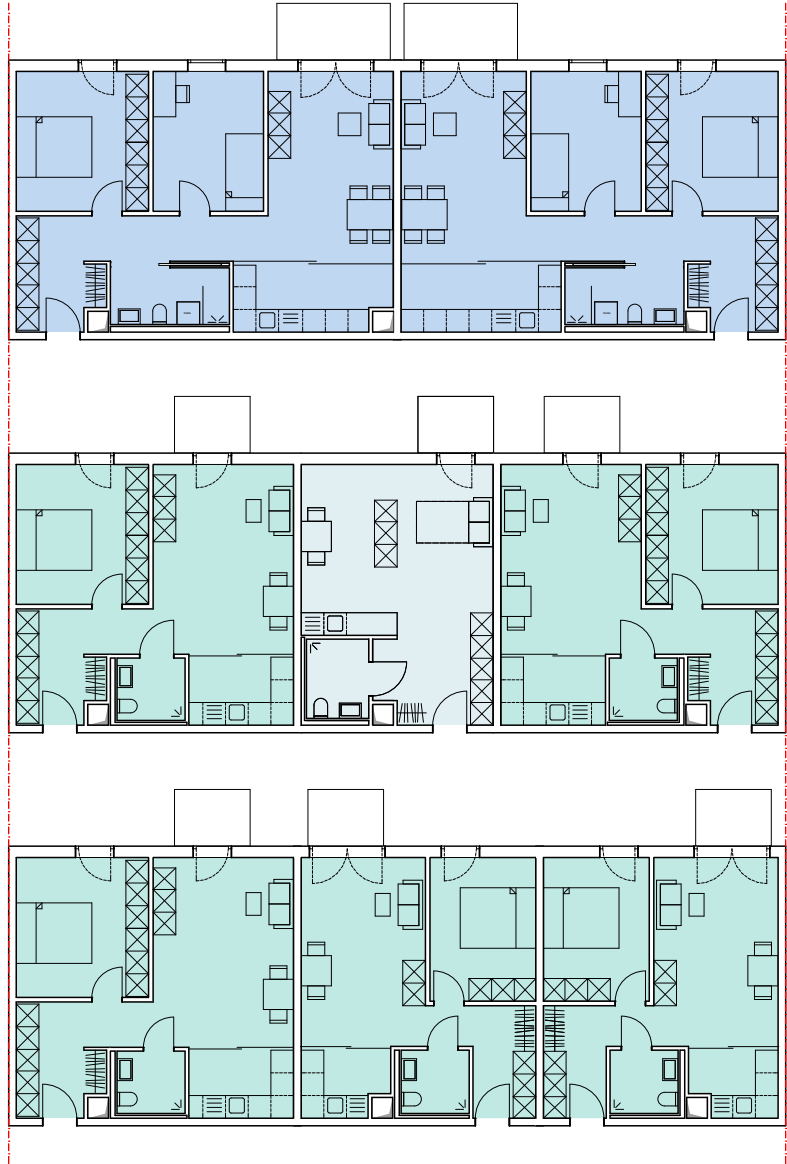
NSo- V2 R5
NSo- V2 R2/V2 R3
NSo- V2 R1/V2 R3



NSo- V2 R3/V2 R3

NSo- V2 R2/V2 R1/V2 R2

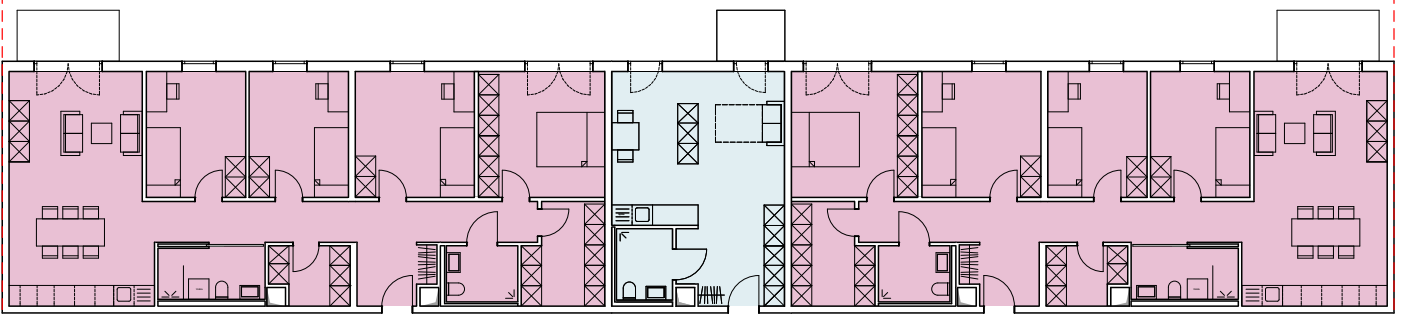
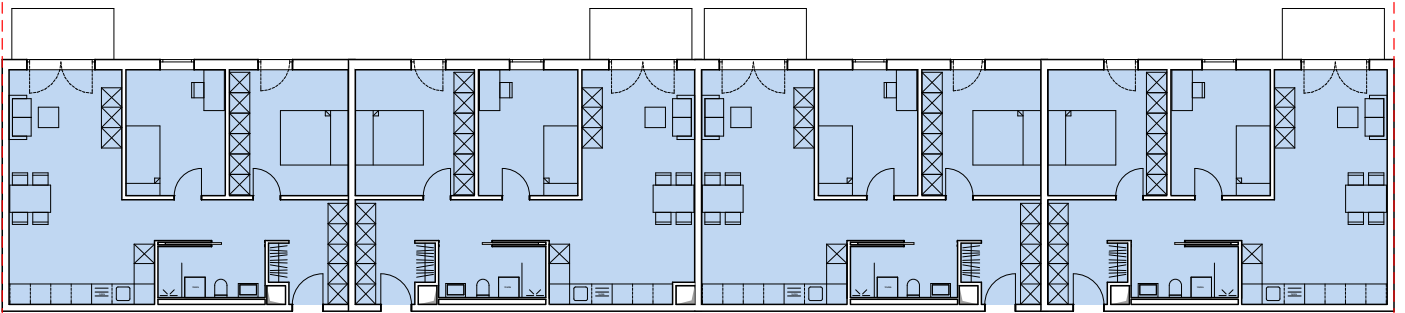
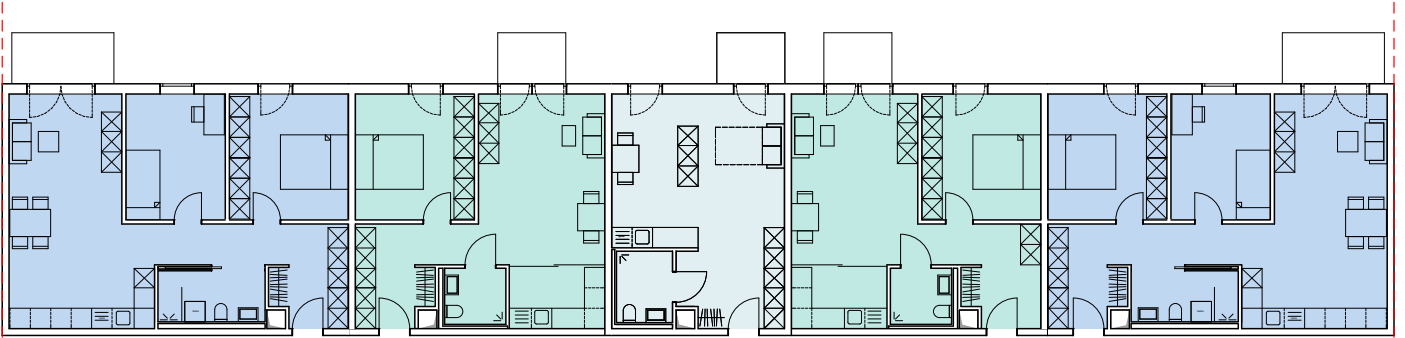
NSo- V2 R2/V2 S2/V2 S2



NSo - V2 R3/R2/R1/R2/R3

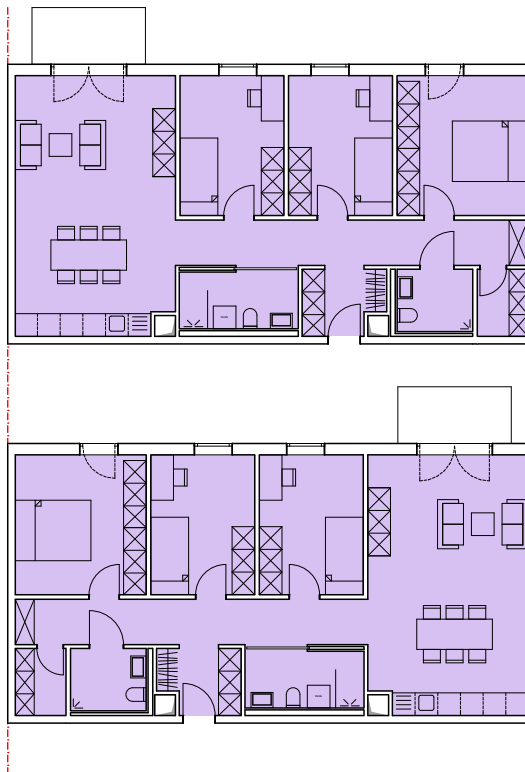
NSo - V2 R3/R3/R3/R3

NSo - V2 R5/R1/R5



In diese Systematik fallen auch gleich große Grundrisse, die gespiegelt übereinander liegen.

NSo - V2 R4a/V2 R4b



Bezeichnung der Baugruppen

Die Baugruppen werden folgendermaßen abgekürzt:

Beispiel:

NSo 3 - V2 R4a/V2 R4b

<i>NSo:</i>	Art der Baugruppe
<i>3:</i>	Anzahl der Geschosse
<i>V2 R4a:</i>	Grundrisstyp 1 kombiniert mit
<i>V2 R4b:</i>	Grundrisstyp 2

TYPOLOGIEN

Mittelflur (Referenzgebäude Regelfall - RGR)

Anzahl WE pro Geschoss: 10/9

Baugruppen:

So- V2 R4 NSo- V2 R2/V2 R3 NSo- V2 R2/V2 R1/V2 R2

So- V2 R4 NSo- V2 R5 NSo- V2 R3/V2 R3

So- V2 R4 NSo- V2 R2/V2 R3 NSo- V2 R2R/V2 R3

So- V2 R4 NSo- V2 R5 NSo- V2 R3/V2 R3

So- V2 R4 NSo- V2 R2/V2 R3 NSo- V2 R3/V2 R3

So- V2 R4 NSo- V2 R5 NSo- V2 R3/V2 R3



Punkthaus, Wohnungsmix RGR

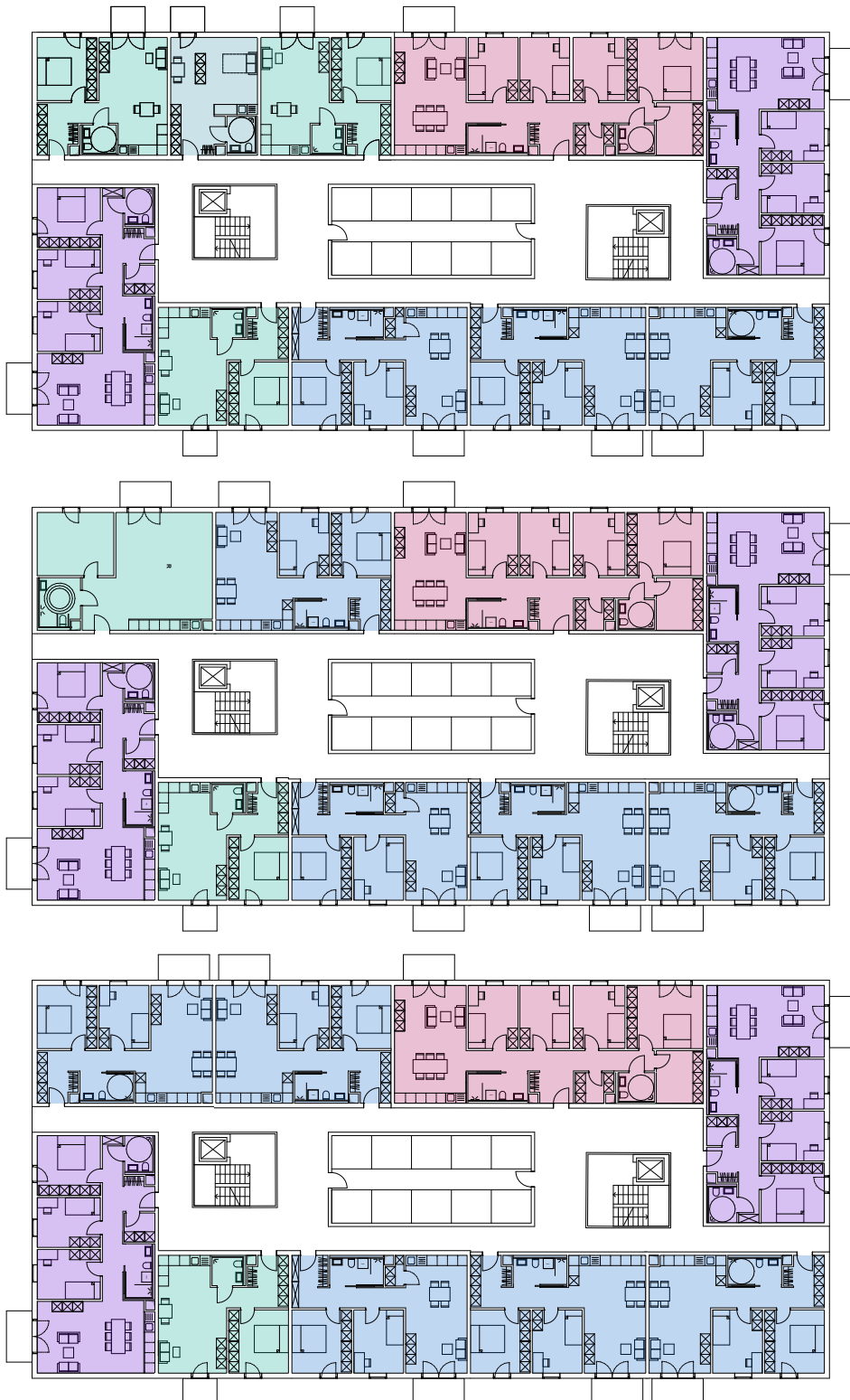
Anzahl WE pro Geschoss: 10/9/9

Baugruppen:

NSo- V2 R2/R1/R2 NSo- V2 R5 So- V2 R4 So- V2 R4 SoG- V2 R2/R3 NSo- V2 R3/R3

NSo- V2 R2R/R3 NSo- V2 R5 So- V2 R4 So- V2 R4 SoG- V2 R2/R3 NSo- V2 R3/R3

NSo- V2 R3/R3 NSo- V2 R5 So- V2 R4 So- V2 R4 SoG- V2 R2/R3 NSo- V2 R3/R3



Spänner 1 Wohnungmix RGR

Anzahl WE pro Geschoss: 11

Baugruppen:

SoG- V2 R4/V2 R3/V2 R3/V2 R2

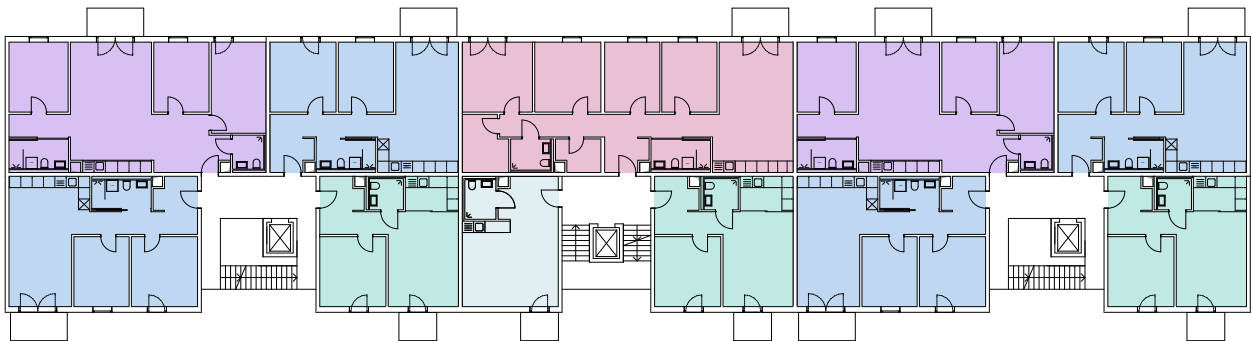
NSo- V2 R5 SoG- V2R1/V2R2

SoG- V2 R4/V2 R3/V2 R3/V2 R2

SoG- V2 R4/V2 R3/V2 R2R/V2 R2

NSo- V2 R5 SoG- V2R1/V2R2

SoG- V2 R4/V2 R3/V2 R3/V2 R2



Spänner 2B, Wohnungsmix RGR

Anzahl WE pro Geschoss: 8/8/9

Baugruppen:

SoG- V2 R4/ V2 R3/ V2 R3/ V2 R2

SoG- V2R4 NSo- V2 R5

SoG- V2 R3/ V2 R1/ V2 R3

SoG- V2 R4/ V2 R3/ V2 R2R/ V2 R2

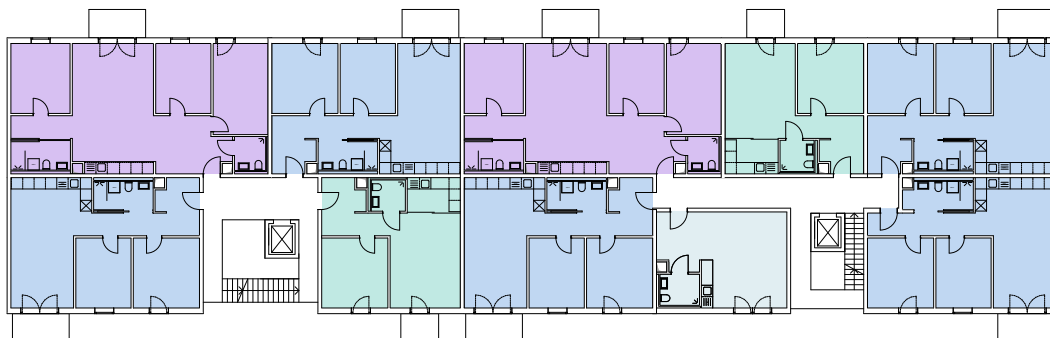
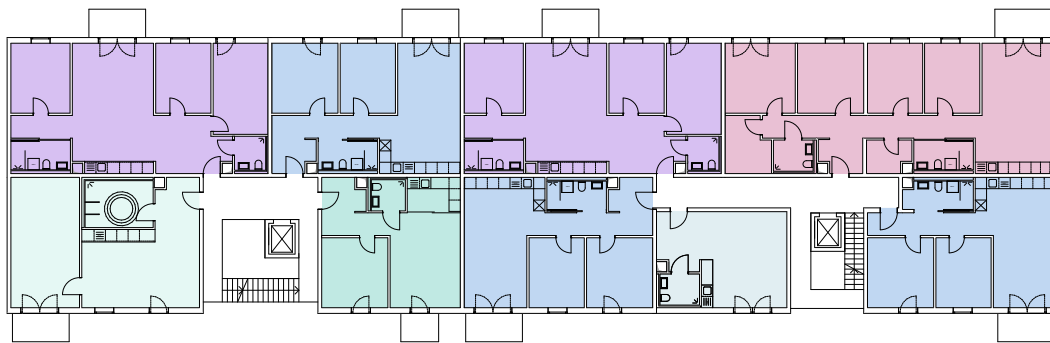
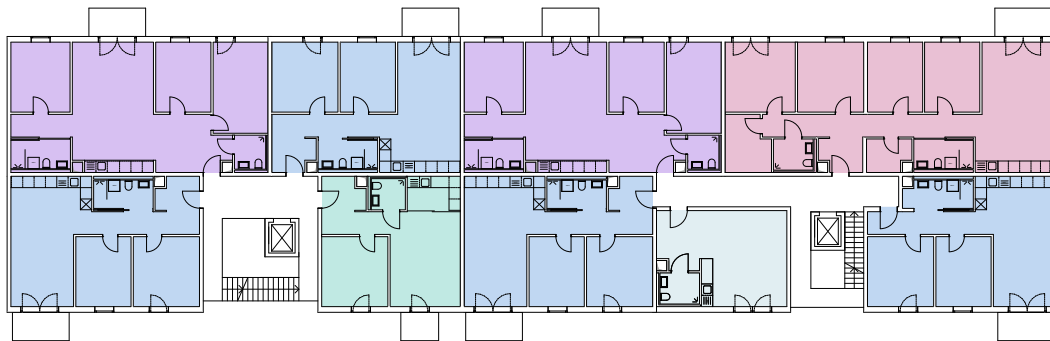
SoG- V2R4 NSo- V2 R5

SoG- V2 R3/ V2 R1/ V2 R3

SoG- V2 R4/ V2 R3/ V2 R2R/ V2 R2

SoG- V2R4 NSo- V2 R2/ V2R3

SoG- V2 R3/ V2 R1/ V2 R3



Spänner 3, Wohnungsmix RGR

Anzahl WE pro Geschoss: 12/14/13

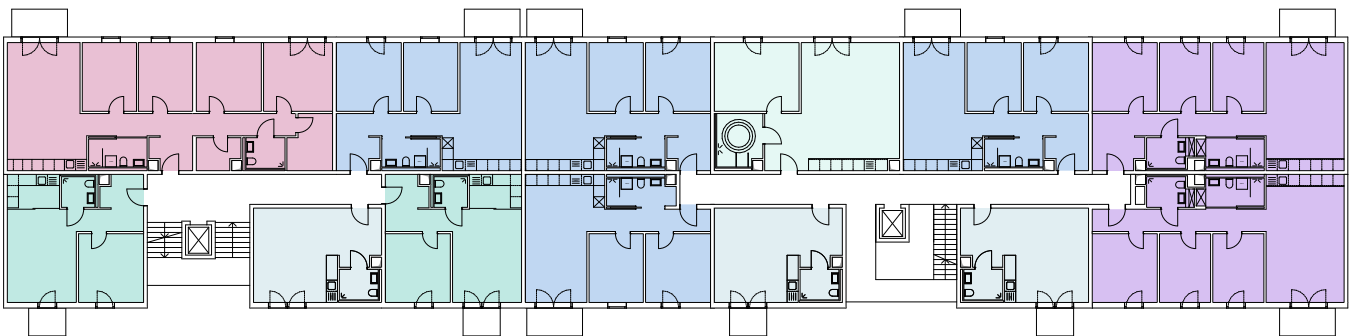
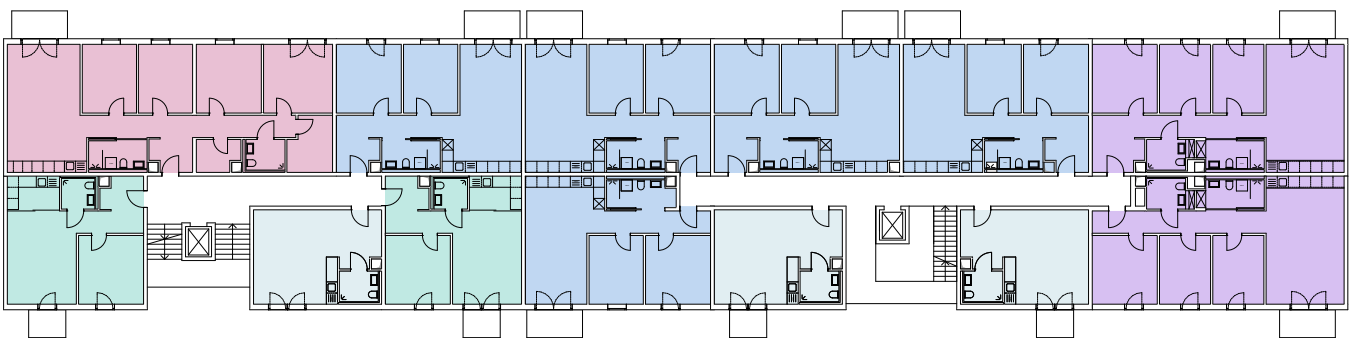
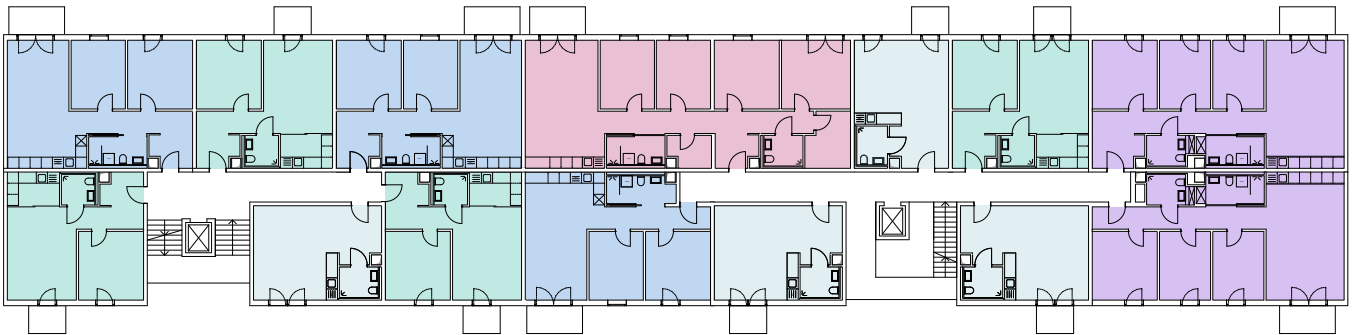
Baugruppen:

NSo- V2 R3/ V2 R2 SoG- V2 R3/V2R2 SoG- V2R2/V2R1

NSo - V2R5/ V2R1/ V2R2 So-V2 R4 SoG V2 R3/V2 R1 SoG- V2R1/V2R4

NSo- V2 R3/ V2 R2 SoG- V2 R3/V2R2 SoG- V2R2/V2R1

NSo - V2R5/ V2R1/ V2R2 So-V2 R4 SoG V2 R3/V2 R1 SoG- V2R1/V2R4



Spänner- Laubengang Kombi 1, Wohnungsmix RGR

Anzahl WE pro Geschoss: 10

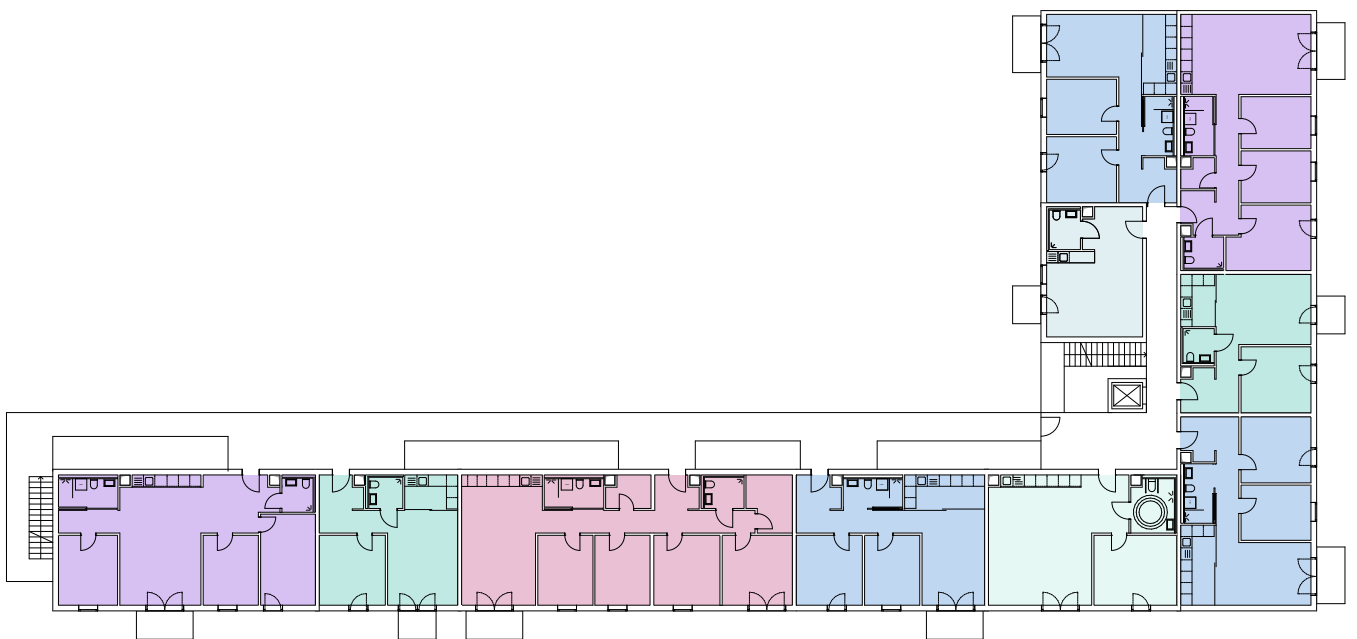
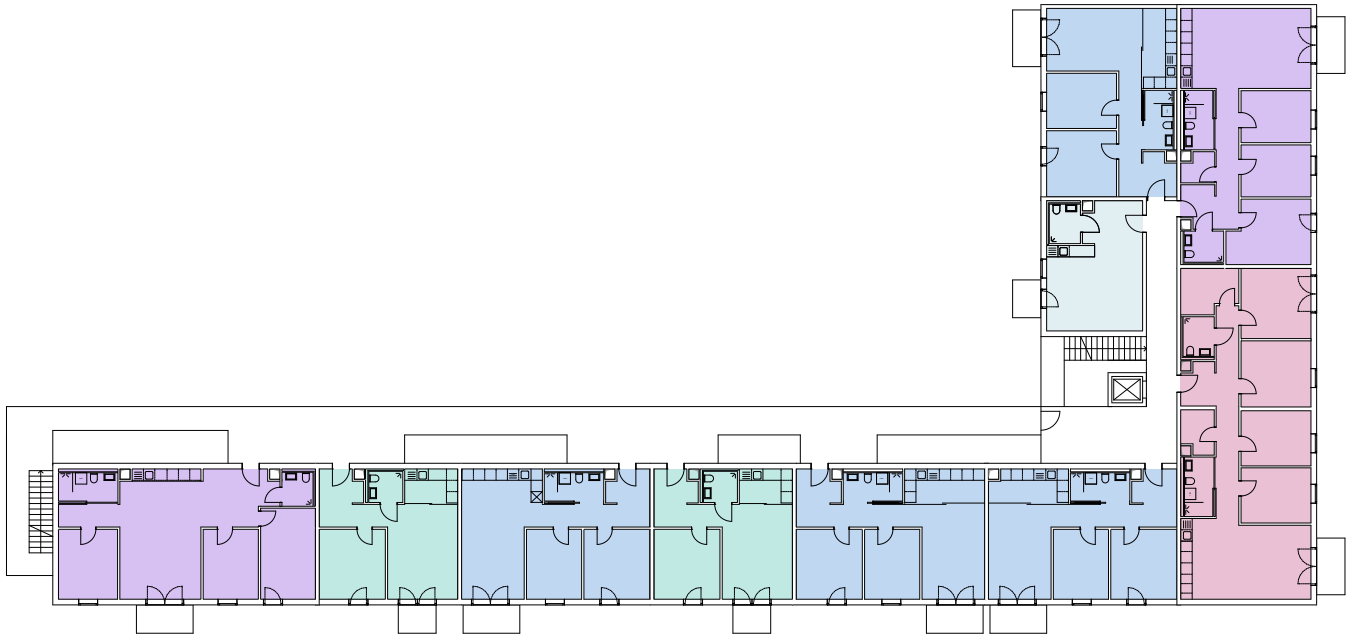
Baugruppen:

So- V2 R4/V2R2 NSo- V2 R3/V2R2 NSo-V2R3/V2R3

NSo- V2 R5 So- V2R4/V2R3/V2R1

So- V2 R4/V2R2 NSo- V2 R NSo-V2R3/V2R2R

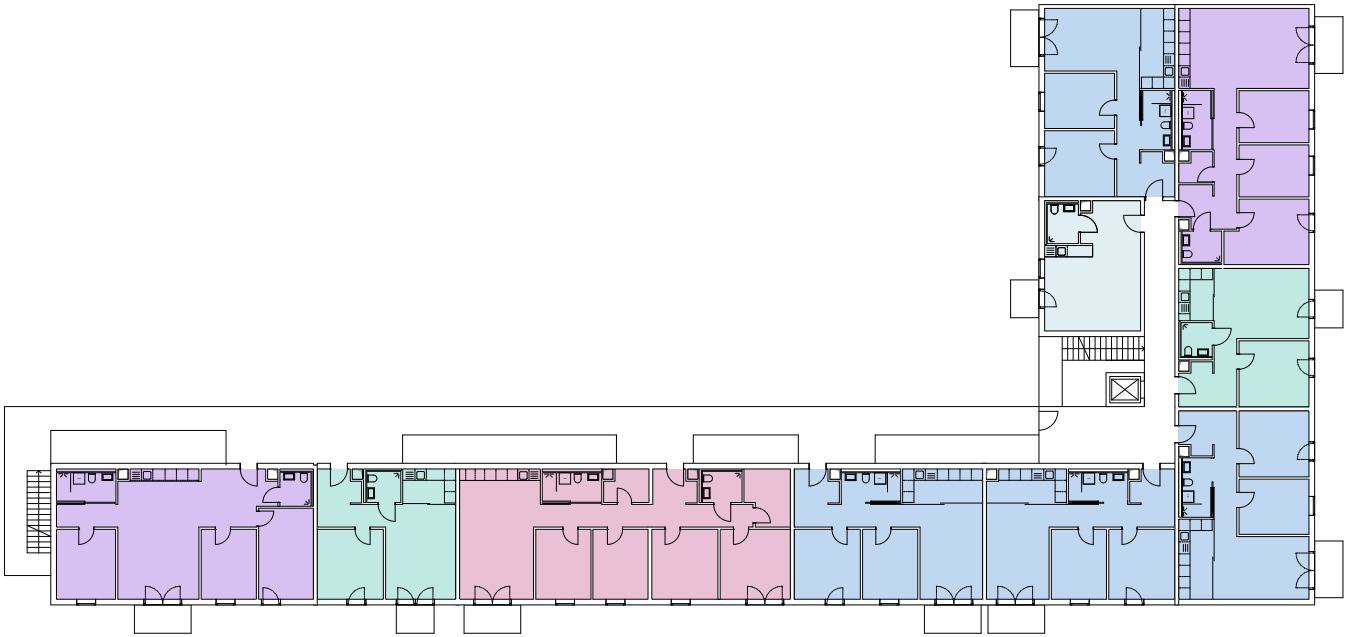
NSo- V2 V2 R3/V2R2 So- V2R4/V2R3/V2R1



Baugruppen:

So- V2 R4/V2R2 NSo- V2 R5 NSo-V2R3/V2R3

NSo- V2 V2 R3/V2R2 So- V2R4/V2R3/V2R1



TYPOLOGIEN

Punkthaus 1

Anzahl WE pro Geschoss: 4/5/6

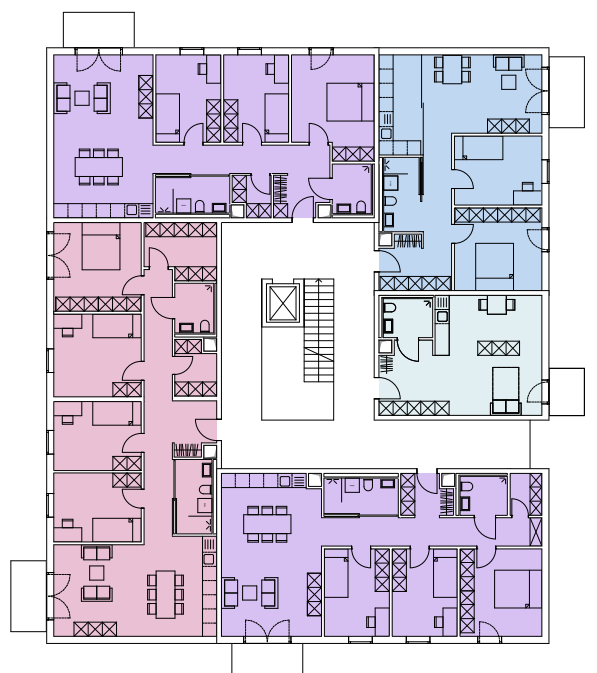
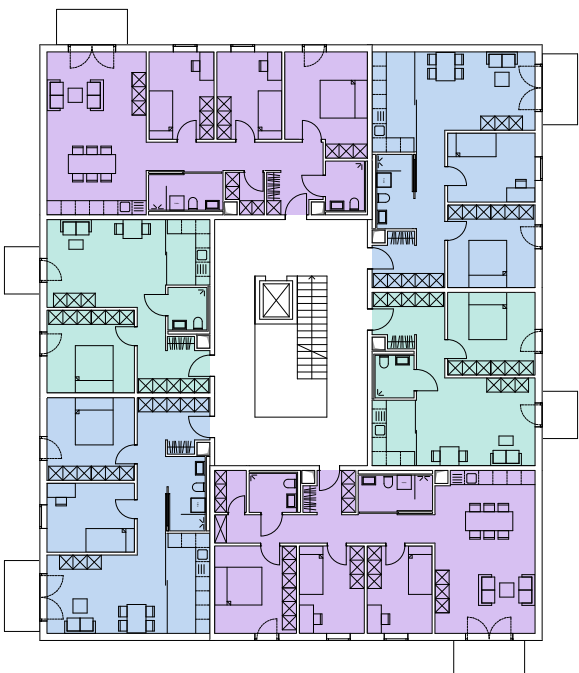
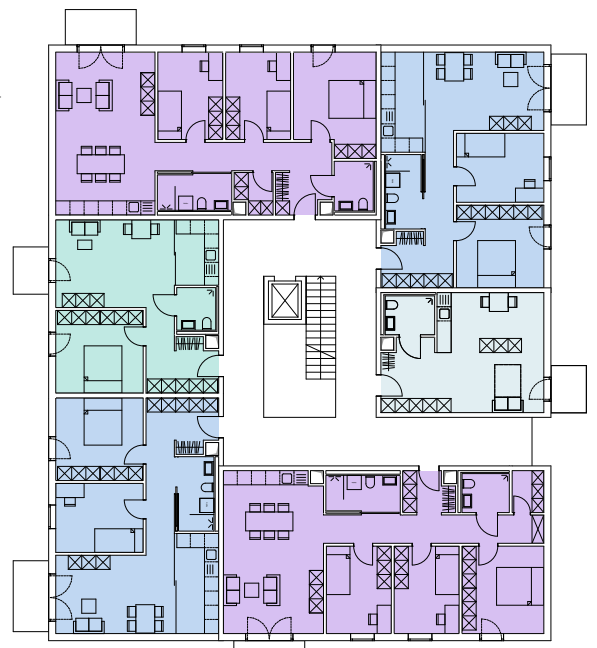
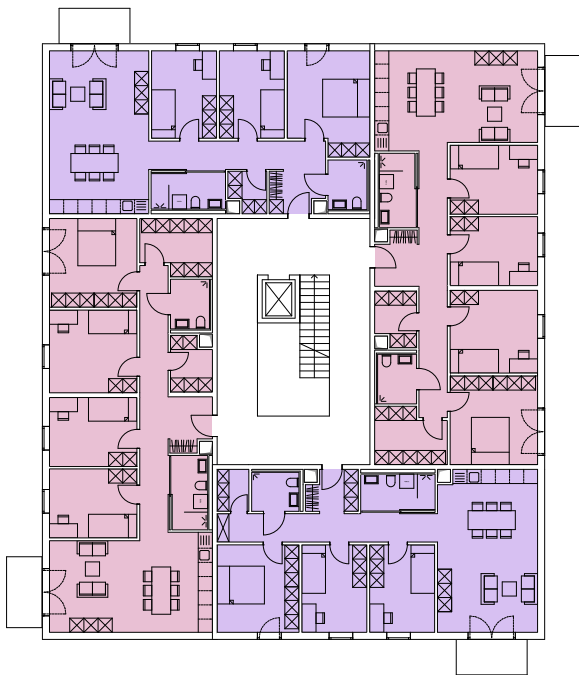
Baugruppen:

So- V2 R4 NSo- V2 R5 So- V2 R4 NSo- V2 R5

So- V2 R4 NSo- V2 R3/ V2 R1 So- V2 R4 NSo- V2 R3/ V2 R2

So- V2 R4 NSo- V2 R3/ V2 R2 So- V2 R4 NSo- V2 R3/ V2 R2

So- V2 R4 NSo- V2 R3/ V2 R1 So- V2 R4 NSo- V2 R5



Punkthaus 2

Anzahl WE pro Geschoss: 6/7/8

Baugruppen:

NSo- V2 R5 SoG- V2 R1/R4a

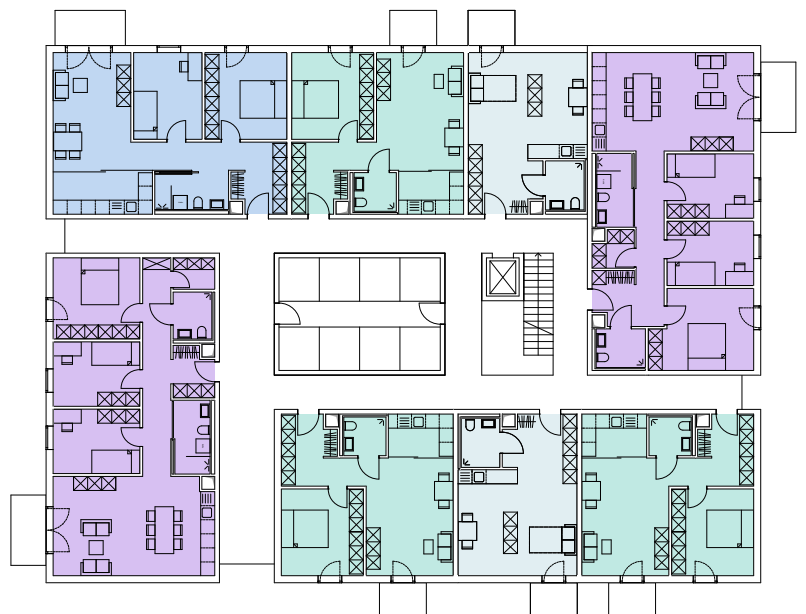
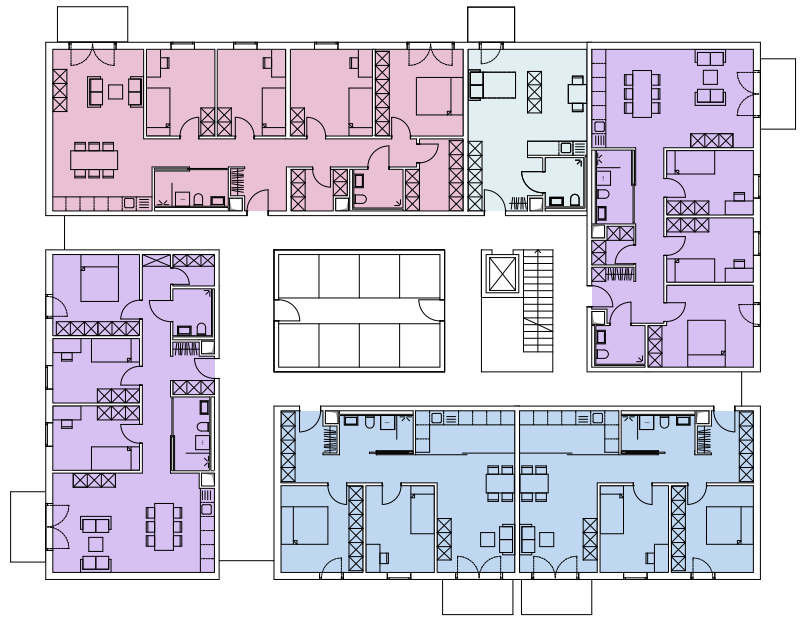
NSo- V2 R3/R3 So- V2 R4b

NSo- V2 R3/R2 SoG- V2 R1/R4a

NSo- V2 R3/R3 So- V2 R4b

NSo- V2 R3/R2 SoG- V2 R1/R4a

NSo- V2 R2/R1/R2 So- V2 R4b



Spänner 1

Anzahl WE pro Geschoss: 3/4/5

Baugruppen:

NSo- V2 R3/R3 NSo- V2 R2

So- V2 R2

NSo- V2 R2/R1/R2 NSo- V2 R2

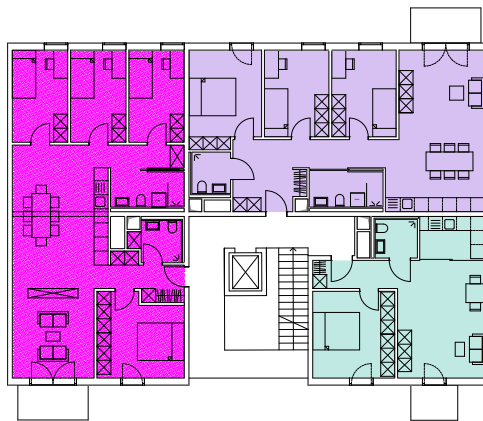
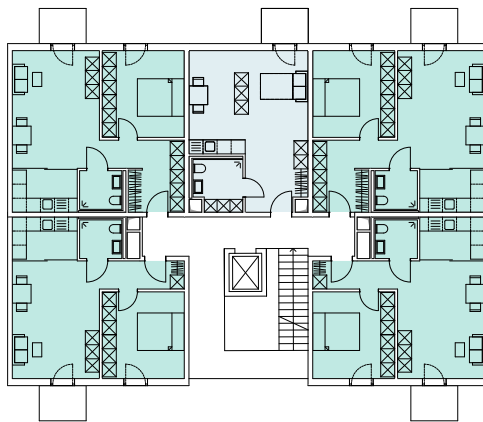
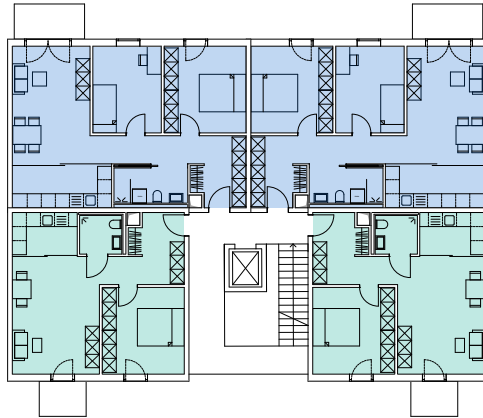
NSo- V2 R2

NSo- V2 S5a NSo- V2 R4

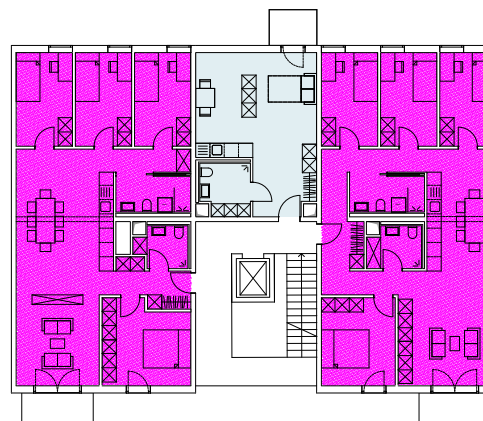
NSo- V2 R2

NSo- V2 S5a NSo- V2 R1

NSo- V2 S5b



Durch das Einführen eines Unterzugs wird eine weitere Flexibilisierung der Grundrisse erreicht - statt einhüftig erschlossenen Typen können so auch durchgesteckte Wohnungen dargestellt werden.



Spänner 2

Anzahl WE pro Geschoss: 4

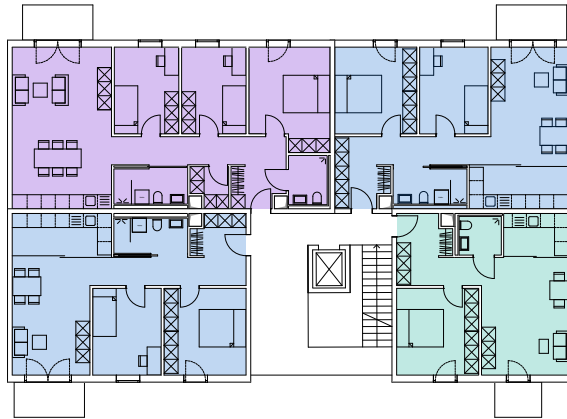
Baugruppen:

So - V2 R3

So - V2 R4

So - V2 R3

So - V2 R2



Spänner 3

Anzahl WE pro Geschoss: 5

Baugruppen:

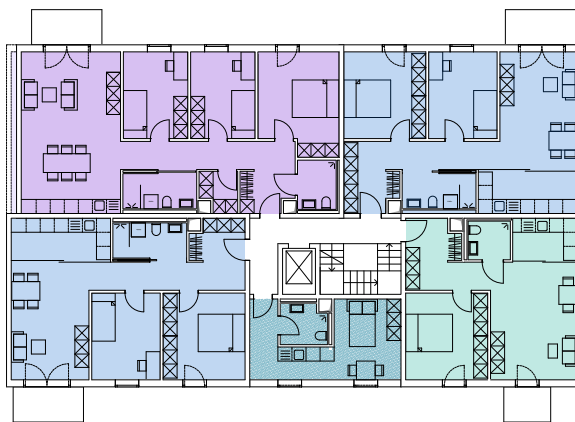
So - V2 R3

So - V2 R4(angepasst)

So - V2 R3

So - V2 R2

So - V2 S1



Spänner 4

Anzahl WE pro Geschoss: 5

Baugruppen:

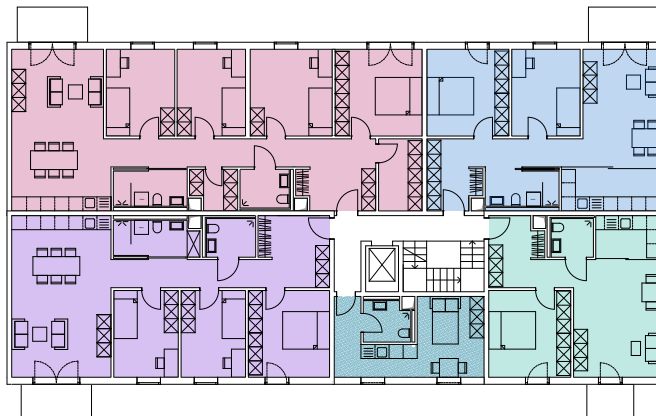
So - V2 R5

So - V2 R4

So - V2 R3

So - V2 R2

So - V2 S1



Bei ‚Spänner 3‘ muss aufgrund der Abmaße des Systembads für die Zugänglichkeit der Wohnung die Breite des Wohnzimmers im Vergleich zur standard R-Ausführung angepasst werden. Die Flexibilität des Systems lässt das zu.

Spänner 5

Anzahl WE pro Geschoss: 4/5

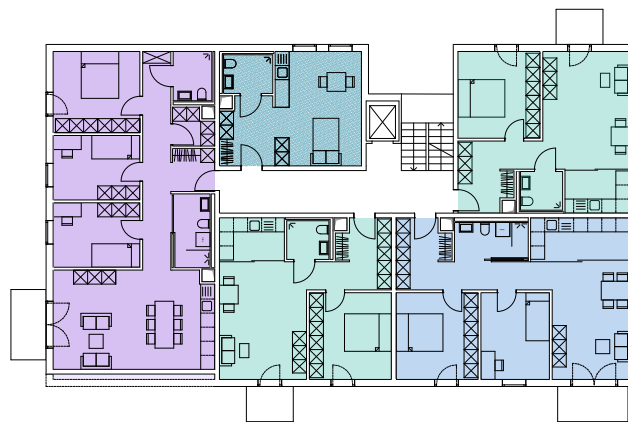
Baugruppen:

NSo- V2 R4(angepasst) So- V2 S1
So- V2 R2 NSo- V2 R5

NSo- V2 R4(angepasst) So- V2 S1
So- V2 R2 NSo- V2 R2/R3

NSo- V2 Plus3 So- V2 S1
So- V2 R2 NSo- V2 R5

NSo- V2 Plus3 So- V2 S1
So- V2 R2 NSo- V2 R2/R3



Die Baugruppe NSo- V2 R4 muss in ihrer Breite angepasst werden, um mit den Back to Back angeordneten Typen in der Variante V2 zu funktionieren. Aufgrund der Belichtung der Räume in NSo- V2 R4 funktioniert die Konstellation ‚Spänner 5‘ nur als Endtyp. NSo- V2 Plus3 kann als durchgesteckte Variante in den Mix integriert werden.



Spänner 6

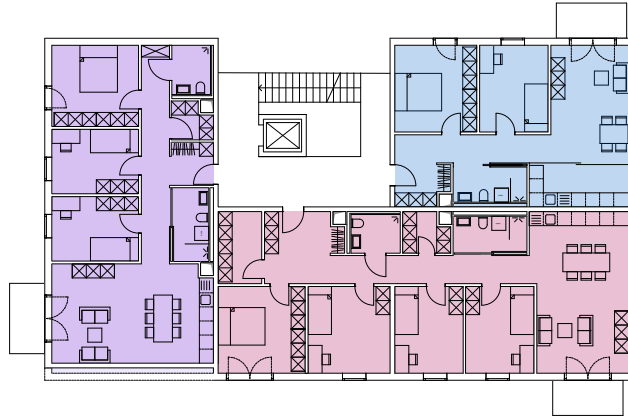
Anzahl WE pro Geschoss: 3

Baugruppen:

So - V2 R3

So - V2 R4

So - V2 R5



Spänner 7

Anzahl WE pro Geschoss: 5

Baugruppen:

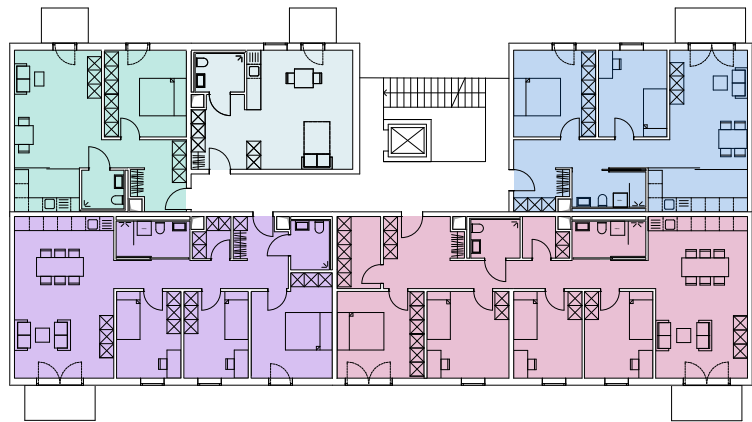
So - V2 R1

So - V2 R2

So - V2 R3

So - V2 R4

So - V2 R5



Spänner 8

Anzahl WE pro Geschoss: 5/6

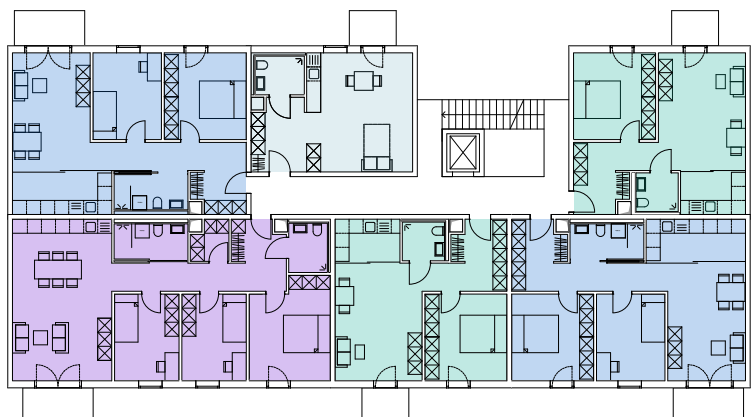
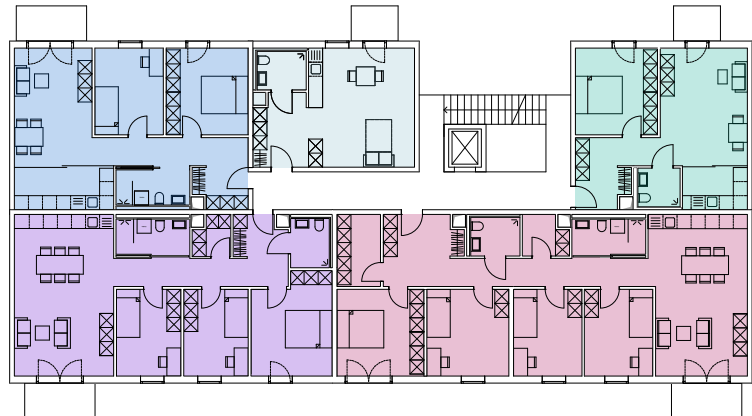
Baugruppen:

SoG - V2 R3/R1 So- V2 R2

So- V2 R4 NSo- V2 R5

SoG - V2 R3/R1 So- V2 R2

So- V2 R4 NSo- V2 R2/R3



Spänner 9

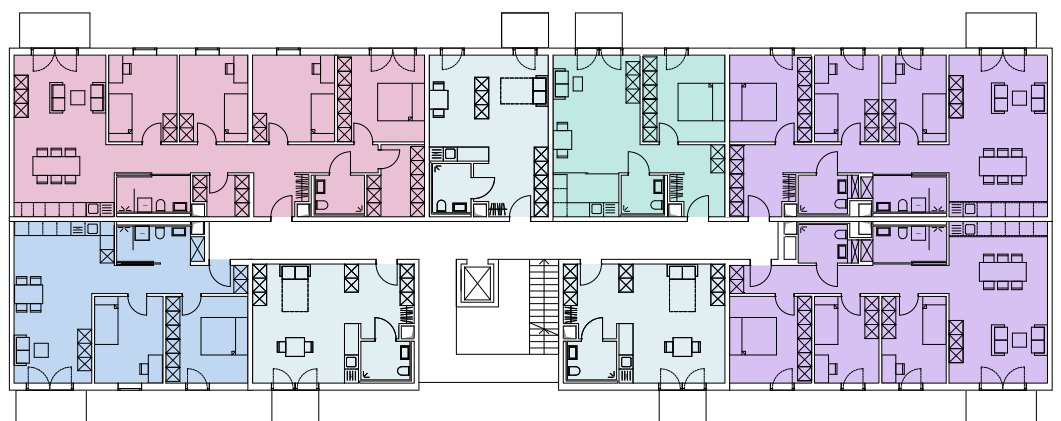
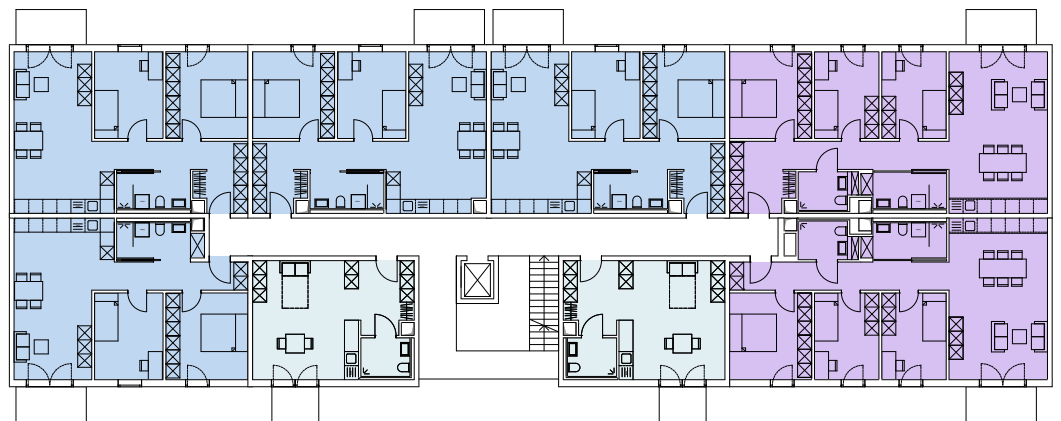
Anzahl WE pro Geschoss: 3

Baugruppen:

NSo- V2 R3/R2/R1/R2 So- V2 R4 SoG- V2 R3/R2 SoG- V2 R1/R4

NSo- V2 R3/R3/R3 So- V2 R4 SoG- V2 R3/R2 SoG- V2 R1/R4

NSo- V2 R5/R1/R2 So- V2 R4 SoG- V2 R3/R2 SoG- V2 R1/R4



Spänner 9

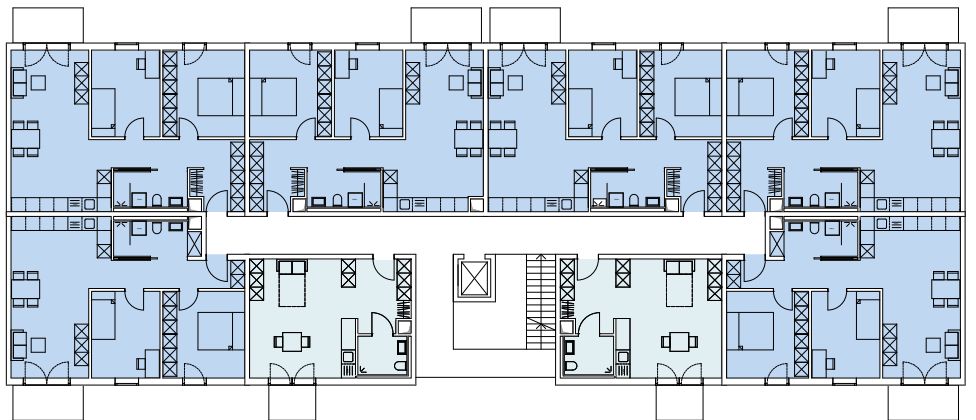
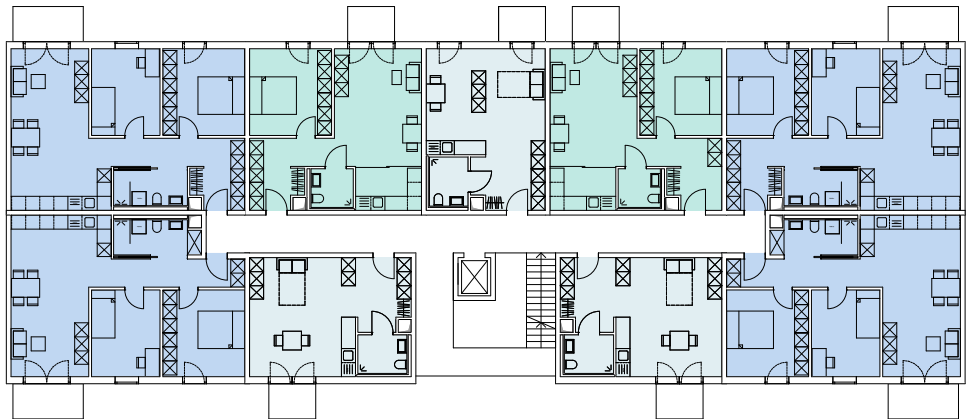
Anzahl WE pro Geschoss: 3

Baugruppen:

NSo- V2 R3/R2/R1/R2/R3 SoG- V2 R3/R2 SoG- V2 R1/R3

NSo- V2 R3/R3/R3 SoG- V2 R3/R2 SoG- V2 R1/R3

NSo- V2 R5/R1/R5 SoG- V2 R3/R2 SoG- V2 R1/R3



Spänner Laubengang

Anzahl WE pro Geschoss: 7/8

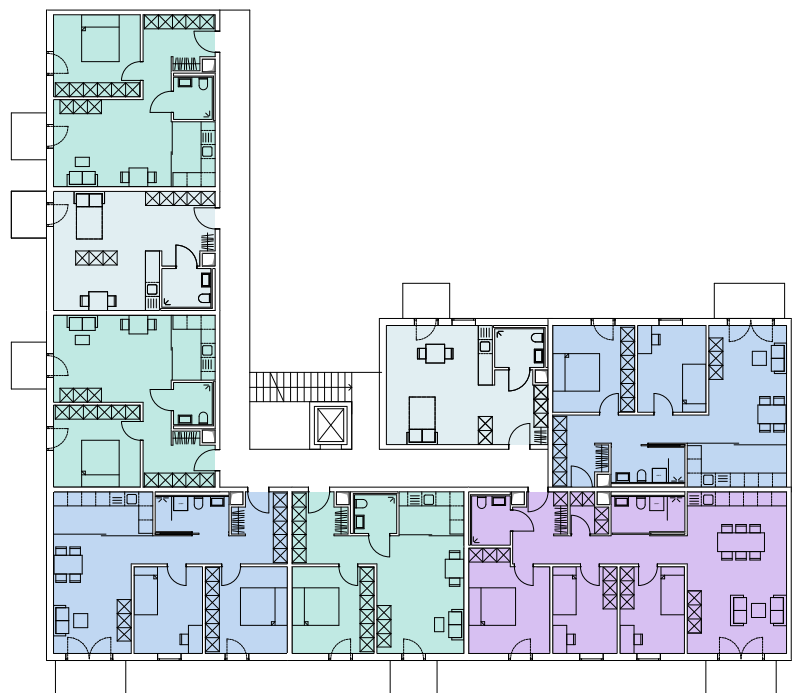
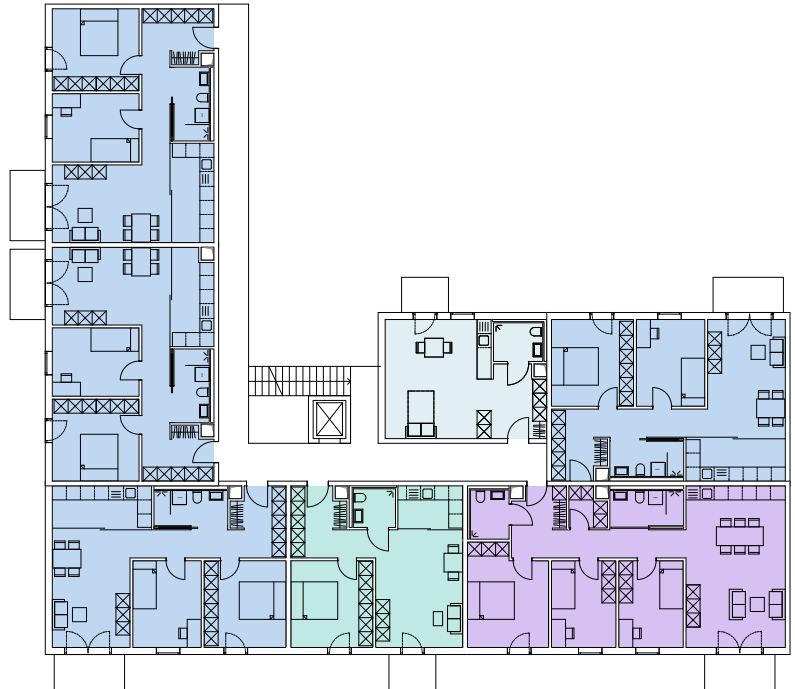
Baugruppen:

NSo- V2 R3/R3 NSo- V2R3/R2

SoG- V2 R4/R3/R1

NSo- V2 R2/R1/R2 NSo- V2R3/R2

SoG- V2 R4/R3/R1



Baugruppen:

NSo- V2 R2/S2a/S2b

NSo- V2R3/R2 SoG- V2 R4/R3/R1

