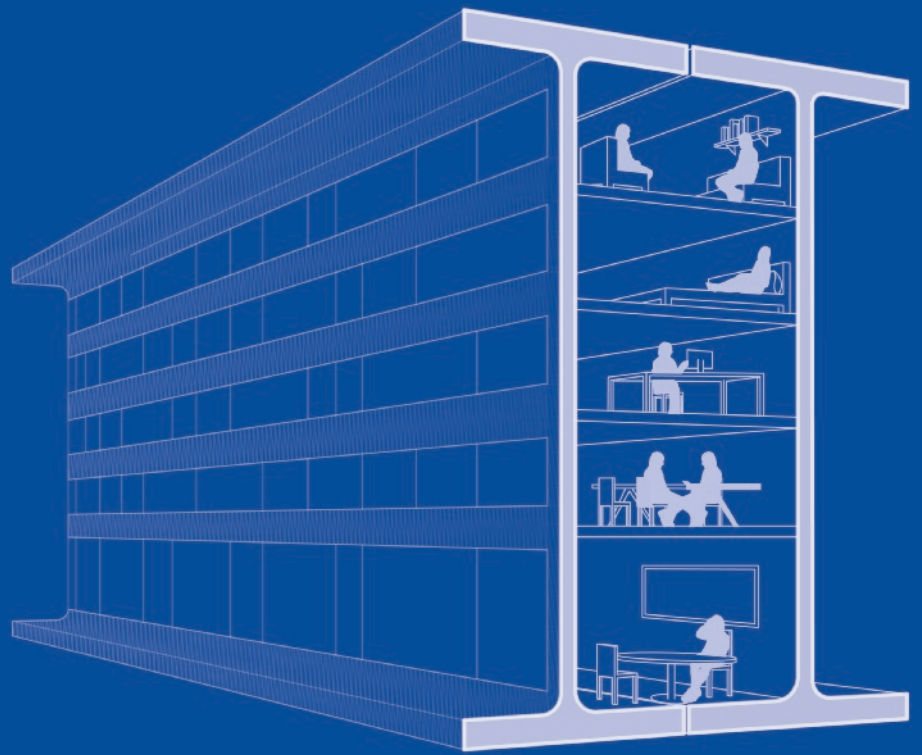


Johann Eisele
Anne Harzdorf
Lukas Hüttig
Jens Otto
Richard Stroetmann
Benjamin Trautmann
Cornell Weller



Multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser

Planung – Konstruktion – Ökologie – Ökonomie

Multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser

Johann Eisele · Anne Harzdorf · Lukas Hüttig
Jens Otto · Richard Stroetmann
Benjamin Trautmann · Cornell Weller

Multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser

Planung – Konstruktion – Ökologie – Ökonomie

Prof. Dipl.-Ing. Architekt Johann Eisele
Fachbereich Architektur
Technische Universität Darmstadt
Deutschland

Dipl.-Bauing. Anne Harzdorf
Institut für Baubetriebswesen
Technische Universität Dresden
Deutschland

Dipl.-Ing. Lukas Hüttig
Firmengruppe Max Bögl
Neumarkt in der Oberpfalz
Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Jens Otto
Institut für Baubetriebswesen
Technische Universität Dresden
Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann
Institut für Stahl- und Holzbau
Technische Universität Dresden
Deutschland

Dipl.-Ing. Architekt Benjamin Trautmann
Fachgebiet Entwerfen und Baugestaltung
Technische Universität Darmstadt
Deutschland

Dipl.-Bauing. Cornell Weller
Institut für Baubetriebswesen
Technische Universität Dresden
Deutschland

Die Autoren haben sich nach besten Kräften bemüht, die erforderlichen Reproduktionsrechte für alle Abbildungen zu erhalten. Für den Fall, dass etwas übersehen wurde, bitten die Autoren um Entschuldigung und sind für Hinweise dankbar.

ISBN 978-3-658-28457-2 ISBN 978-3-658-28458-9 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-28458-9>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Karina Danulat

Redaktion und Layout: Dipl.-Ing. Architekt Benjamin Trautmann, B. Sc. Franz Theobald

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Was ist die Besonderheit dieses Buches? Die Antwort wird man bestimmt nicht auf einen einzigen Aspekt reduzieren können. Ein ganz wesentlicher Bestandteil wird jedoch die gelungene Darstellung des Zusammenspiels von Planung, Konstruktion, Ökologie und Ökonomie für Büro- und Geschäftshäuser sein, bei der das Bauwerk über seine gesamte Lebensdauer, also inklusive sich verändernder Nutzungsanforderungen und Revitalisierungen, betrachtet wird.

Viele Fachleute im Bauwesen machen sich in der täglichen Praxis ihrer Projekte immer wieder neu über die Verknüpfung dieser Aspekte Gedanken. Bei der Schaffung einer optimalen Lösung für eine konkrete Projektaufgabe bleibt jedoch ohne explizite Auftraggeberforderung nach speziellen Gebäudeeigenschaften oftmals nur der selbst gesteckte Rahmen übrig, in dem man sich als Planer innerhalb der sonstigen Projektbedingungen bewegen kann. Das heißt konkret, dass es oftmals gar nicht möglich ist, einem Büro- oder Geschäftshaus für eventuelle weitere Herausforderungen in seiner Lebensdauer die erforderlichen Eigenschaften „mitzugeben“.

Deswegen ist es besonders wichtig, dass man sich auch außerhalb dieses „persönlichen Projektspielraums“ mit den Zusammenhängen, die insbesondere in der Planung nutzbar sind, in systematischer Weise beschäftigen kann. Dazu kann die Anwendungsforschung im Bauwesen einen Beitrag leisten und genau hier setzt auch die Freiheit des Forschungsvorhabens an, das unter anderem zu der vorliegenden Buchveröffentlichung geführt hat. Für die Beteiligten aus Wissenschaft und Praxis aus den Bereichen Architektur, Konstruktiver Ingenieurbau, Baubetrieb und Immobilienmanagement ergab sich auf diesem Weg die Möglichkeit, verschiedene Aspekte und Sichtweisen insbesondere zur Revitalisierung von Büro- und Geschäftshäusern vertieft zu untersuchen

und zu diskutieren. Dabei entwickelte sich die Gebäudeeigenschaft der Variabilität zum Kernpunkt der Betrachtung.

In dem vorliegenden Buch werden die wichtigsten Inhalte und Ergebnisse aus den beteiligten Einzeldisziplinen in eigenen Kapiteln zusammengefasst. Ergänzend wird eine mögliche Anwendung in Form von Referenzgebäuden mit niedriger, mittlerer und hoher Variabilität dargestellt. Auf diesem Weg können tendenzielle Einflüsse der Planung und Konstruktion auf ökologische und monetäre Aspekte sichtbar gemacht werden. Eine ergänzende Wirtschaftlichkeitsbewertung zeigt anhand eines Beispielprojektes, dass sich durch geringfügig höhere Anfangsinvestitionen ein Gebäude variabler gestaltet lässt, langfristige Leerstandsrisiken in Folge dessen reduziert werden können und gleichfalls hohe Renditen erzielbar sind. Selbstverständlich besitzt diese Aussage ihre Gültigkeit nur im Rahmen der gesetzten Randbedingungen, dennoch belegt sie quantitativ, dass ein gewisses Maß an Variabilität in Büro- und Geschäftshäusern für einen rentablen Immobilienbetrieb wegbereitend sein kann.

Die damit verbundene Abkehr von monofunktionalen und starren Gebäudestrukturen, die in der Errichtung zwar kostengünstiger sein können, jedoch häufiger zum Leerstand oder frühzeitigen Abriss führen, ist im Rahmen der Diskussion zur Circular Economy aktueller denn je. Der Bausektor zählt weltweit zu den ressourcenintensivsten Wirtschaftszweigen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass es immer wieder Forderungen nach einer zirkulären Wertschöpfung im Baubereich gibt, bei der wertvolle Ressourcen möglichst lang im Umlauf bleiben sollen.

Die „Wiederverwendung“ der existierenden Konstruktion vor Ort durch Revitalisierungen ist dabei eine wichtige Komponente. Stahl- und Verbundbaulösungen, die im

vorliegenden Buch im Fokus der Betrachtungen im Konstruktionsbereich stehen, sind langlebig und nach wie vor ideal zur Realisierung variabler Gebäudestrukturen. Zusätzlich können Sie in der zirkulären Wertschöpfung durch die in der Stahlproduktion immer wieder neu generierten Einsparungen an Rohmaterial und Energie punkten und zeichnen sich durch ein besonders hohes Rückbau- und Recyclingpotential aus. Aspekte dieser Art sollten in der heutigen Zeit in mindestens gleicher Gewichtung mit monetären Interessen im Rahmen einer Baumaßnahme diskutiert werden.

Das vorliegende Buch ist somit auch ein Beitrag zu einem Themenbereich, der die Bauwirtschaft und seine Akteure vermutlich in Zukunft noch intensiver beschäftigen wird. Die Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. hat das Forschungsvorhaben, das die Basis für diese Buchveröffentlichung bildet, im Auftrag der stahlproduzierenden Industrie gerne unterstützt und wird sich auch zukünftig in der Stahlanwendungsforschung im Bauwesen für die Förderung variabler und langlebiger Bauweisen bei nachweislich effizientem Materialeinsatz engagieren.

Ich wünsche Ihnen nun eine interessante Lektüre.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nüsse', with a long horizontal stroke extending to the right.

Dr. Gregor Nüsse
Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.

Inhaltsverzeichnis

IV	Impressum
VI	Vorwort
VIII	Inhaltsverzeichnis
X	Autoren
XII	Projektpartner
XIV	Glossar

1 Einleitung

4	1.1 Aktuelle Situation des Immobilienmarktes
6	1.2 Ursachen des strukturellen Leerstandes
7	1.3 Revitalisierung und Umnutzung
11	1.4 Erkenntnisse von Revitalisierungen und Umnutzungen für die Objektplanung

2 Nachhaltigkeit

18	2.1 Klimaschutzziele
19	2.2 Normung
21	2.3 Bewertungssysteme
24	2.4 Ökologische Qualität
26	2.5 Ökonomische Qualität
30	2.6 Lebensdauer von Gebäudekomponenten

3 Objektplanung

40	3.1 Zielsetzung
42	3.2 Mischnutzung
50	3.3 Baurecht
56	3.4 Nutzungsart
67	3.5 Gebäudeparameter
75	3.6 Planungsparameter
86	3.7 Anpassungsfähigkeit

4 Konstruktion

94	4.1 Einführung
95	4.2 Lastannahmen und Bemessung
101	4.3 Deckensysteme
113	4.4 Brandschutz
119	4.5 Fassade
123	4.6 Gründung

5 Referenzgebäude

- 134** 5.1 Entwurfsgrundlagen
- 137** 5.2 Gebäudevarianten
- 150** 5.3 Konstruktion
- 152** 5.4 Vergleich der Referenzgebäude

7 Erkenntnisse

- 210** 7.1 Objektplanung
- 213** 7.2 Konstruktion
- 215** 7.3 Ökonomie und Werthaltigkeit

6 Ökonomie

- 168** 6.1 Einführung
- 168** 6.2 Marktanalyse
- 171** 6.3 Lebenszyklusmodell
- 173** 6.4 Szenarioanalyse
- 174** 6.5 Berücksichtigung von Risiken
- 178** 6.6 Ermittlung der Einflussfaktoren - Kosten
- 181** 6.7 Ermittlung der Einflussfaktoren - Erlöse
- 184** 6.8 Beispielrechnung

Autoren

Eisele, Johann

Prof. Dipl.-Ing. Architekt, Jahrgang 1948, 1990 - 2014 Professor für Entwerfen und Baugestaltung an der Technischen Universität Darmstadt, seit 2007 Dozent an der International Real Estate Business School (IREBS), 1979 Gründung des Architekturbüros eisele + fritz (e+f) mit Sitz in Darmstadt, 1996 Umbenennung des Büros in ef+, 2000 Gründung des Büros 54f Architekten, 2006 Gründung des Büros Eisele Staniek+, Teilnahme an nationalen und internationalen Wettbewerben sowie zahlreiche Auszeichnungen und Veröffentlichungen zum Thema Baukonstruktion und Bürobau, u. a.: Grundlagen der Baukonstruktion, HochhausAtlas, BürobauAtlas und Bürobauten in Stahl.

Hüttig, Lukas

Dipl.-Ing., Jahrgang 1989, Projektleiter Großprojekte Stahlbau bei der Firmengruppe Max Bögl, zuvor wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Stahl- und Holzbau der Technischen Universität Dresden, Forschungsschwerpunkt: Entwurf, Konstruktion und ökologische Bewertung nachhaltiger Gebäude, Autor und Koautor verschiedener deutsch- und englischsprachiger Publikationen zur Entwicklung nachhaltiger mischgenutzter Gebäude, Dozent in deutsch- und englischsprachigen Lehrveranstaltungen zu den Themen Eisenbahnbrückenbau, Stahlwasserbau und Stahlhochbau.

Harzdorf, Anne

Dipl.-Bauing., Jahrgang 1988, seit 2014 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Baubetriebswesen an der Technischen Universität Dresden, Forschungsschwerpunkte: Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Lebenszyklusbetrachtung, Gebäudeflexibilität und -variabilität sowie Real Estate Management, Autorin und Koautorin zahlreicher deutsch- und englischsprachiger Veröffentlichungen, Dozententätigkeit in ausgewählten Stoffgebieten des Baubetriebswesen, unter anderem zu Grundlagen der Betriebswirtschaft, Kalkulation von Bauleistungen, Abrechnung von Bauleistungen und ausgewählten Themen der Ausbaugewerke.

Otto, Jens

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing., Jahrgang 1974, seit 2017 Professor für Baubetriebswesen an der Technischen Universität Dresden, Direktor des Instituts für Baubetriebswesen an der Technischen Universität Dresden, langjährige Berufserfahrung in unterschiedlichen Funktionen des operativen Baugeschäfts, Forschungsgebiete: Immobilienmanagement, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Bauvertragsrecht, Automatisiertes Bauen; verschiedene Funktionen in Gremien (u. a. AHO, DIN, AGI); Autor zahlreicher Veröffentlichungen, unter anderem auch einschlägiger Fachmonografien.

Stroetmann, Richard

Univ.-Prof. Dr.-Ing., Jahrgang 1963, Professor für Stahlbau, Direktor des Instituts für Stahl- und Holzbau und Prodekan der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden, Geschäftsführer der KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, Prüflingenieur für Standsicherheit. Studium des Bauingenieurwesens an der FH Aachen, Technischen Hochschule Darmstadt und Universität Kaiserslautern, Promotion an der Technischen Universität Darmstadt. Leitung und Mitarbeit in nationalen und internationalen Normungsausschüssen und Komitees, u. a. Chair der C3 – Structural Analysis and Evaluation der IABSE, Vice Chair des TC8 – Structural Stability der ECCS, German Delegate im CEN TC250 SC3 – Steel structures, Liaison Officer im CEN/TC 250/WG 2 “Existing structures”. Mitglied in Commission XV des International Institute of Welding (IIW), im internationalen High Performance Steel Structures Research Council (HPSSRC), in den Arbeitsgruppen des CEN TC 250 SC 3 für den Eurocode 3, Teile 1-1 und 1-12, im Lenkungsgremium Fachbereich 08-Stahlbau, Verbundbau, Aluminiumbau des Deutschen Ausschusses für Stahlbau, im Normenausschuss Tragwerksbemessung im Stahlbau NA 005-08-16 AA. Mitglied im Landesverband (LVPI Sachsen) und Bundesverband (BVPI) der Prüflingenieure, Berater der Ingenieur der Ingenieurkammer Sachsen (ING-SN) und des Verbandes Beratender Ingenieure (VBI). Forschungsschwerpunkte Stahl- und Verbundbau, Stabilität, Höherfeste Stähle, Schweißen, Bauen im Bestand, Nachhaltige Geschossbauten. Redaktionsbeirat der Fachzeitschrift „Stahlbau“ des Wissenschaftsverlags Ernst & Sohn, Autor zahlreicher nationaler und internationaler Veröffentlichungen und Monographien.

Trautmann, Benjamin

Dipl.-Ing. Architekt, Jahrgang 1980, Studium der Architektur an der Technischen Universität Darmstadt und der École Nationale Supérieure d'Architecture Montpellier, Projektleitung in Architekturbüros in Darmstadt und Zürich, seit 2012 Lehrbeauftragter und anschließend wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Entwerfen und Baugestaltung sowie Entwerfen und Gebäudetechnologie an der Technischen Universität Darmstadt, Forschungsschwerpunkte: Adaptivität, Bürobau sowie vorbeugender Brandschutz, Autor und Koautor verschiedener Veröffentlichungen zum Thema Adaptivität sowie Bürobau, u. a. Bürobauten in Stahl und Sustainable Steel Buildings.

Weller, Cornell

Dipl.-Bauing., Jahrgang 1978, von 2012 bis 2019 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Baubetriebswesen an der Technischen Universität Dresden, Autor und Koautor verschiedener deutsch- und englischsprachiger Publikationen zur Wirtschaftlichkeit von umnutzungsfähigen Gebäuden.

Projektpartner

Das IGF-Forschungsvorhaben 18659 BG „Einflüsse der Stahl- und Verbundbauweise auf die Lebenszykluskosten und Vermarktungsfähigkeit multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser (P 1118)“ der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Vorhaben wurde am Institut für Stahl- und Holzbau und dem Institut für Baubetriebswesen der Technischen Universität Dresden sowie dem Fachgebiet Entwerfen und Baugestaltung der Technischen Universität Darmstadt durchgeführt. Darüber hinaus wurde es von zahlreichen Projektpartnern aus den Bereichen Architektur, Ingenieurwesen, Stahlerzeugung und -verarbeitung sowie Projektentwicklung durch nützliche Informationen und Praxiserfahrungen unterstützt.

Den Förderern sei herzlich für ihre Unterstützung und den Forschungspartnern für die gute Kooperation gedankt. Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Gregor Nüsse von der FOSTA, der das Projekt in seiner Vorbereitung und über die gesamte Laufzeit beratend begleitet und den intensiven Austausch mit parallel laufenden Forschungsvorhaben gefördert hat.

Baumüller & Co. AG | Darmstadt



Baumüller & Co.
Commercial Real Estate Solutions

BEOS AG | Berlin



BEOS

Dreßler Bau GmbH | Dresden



Dreßler
BAUUNTERNEHMEN

EISELE STANIEK + architekten + ingenieure
Darmstadt



Goldbeck Bauelemente GmbH | Bielefeld



GOLDBECK

HPM Henkel Projektmanagement GmbH | Dresden



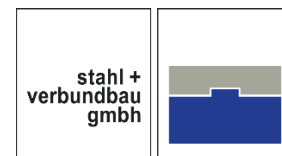
s.boehme & co. | Frankfurt am Main

s.boehme & co.

IFBS Internationaler Verband für Metalleichtbau
Krefeld

IFBS

stahl+verbundbau gmbh | Dreieich



Oelschläger Immobilien GmbH | Dresden

OELSCHLÄGER
OELSCHLÄGER IMMOBILIEN GMBH

SWECO GmbH | Frankfurt

SWECO

RSB Rudolstädter Systembau GmbH | Rudolstadt



Sauter FM GmbH | Dresden



Glossar

Abfall:

Abfall ist die summarische Bezeichnung für Gegenstände, Stoffe, Reste, deren sich der Besitzer entledigen will.

Acidification potential (AP):

Potenzial eines Stoffes zur Versauerung von Boden- und Wasserressourcen; wird als Schwefeldioxid-Äquivalent (kg SO₂-Äquiv.) angegeben.

Environmental Product Declaration Typ III (EPD):

Umweltdeklaration, die quantitative umweltbezogene Daten auf der Grundlage festgelegter Parameter bereitstellt, und dort, wo dies notwendig ist, ergänzende Umweltinformationen.

Eutrophication potential (EP):

Eintrag von Phosphor- und Stickstoffverbindungen in Boden und Gewässer, die zur Überdüngung (Eutrophierung) beitragen; wird als Phosphat-Äquivalent (kg O₄-Äquiv.) angegeben.

Flexibilität:

Anpassungsform von Gebäuden, Grundrissen oder Räumen bei gleichbleibender Nutzungsart.

Generische Ökobilanzdaten:

Nicht-verifizierte, auf technischem Wissen oder Literatur basierende Daten, die mit einem Sicherheitszuschlag versehen sind. Diese sind anzuwenden, wenn keine systemspezifischen Daten zur Verfügung stehen.

Geschäftshaus:

Gebäude, dessen Räume dem allgemeinen Verständnis nach nur gewerblichen Zwecken dienen. In Kombination mit Wohnzwecken häufige Bezeichnung als Wohn- und Geschäftshaus.

Global warming potential (GWP):

Das Treibhauspotenzial ist der potenzielle Beitrag eines Stoffes zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten d. h. zum so genannten Treibhauseffekt. Der Beitrag des Stoffes wird als GWP Wert relativ zu dem Treibhauspotenzial des Stoffes Kohlendioxid (CO₂) angegeben.

Konversion:

Form der Umnutzung, die (zeitweise) ungenutzte Brachflächen in den urbanen Raum wieder eingliedert.

Lebenszyklus (von Gebäuden):

Prozess von der Herstellung, einschließlich der Rohstoffgewinnung über die Nutzung, Instandsetzung und Modernisierung bis zum Abriss. Der Lebenszyklus gliedert sich in mehrere Phasen wobei die Nutzungsphase in verschiedene Lebensdauerabschnitte unterteilt werden kann.

Leerstand:

Kurzfristig verfügbares Flächenangebot, das zum Zeitpunkt der Erfassung ungenutzt und innerhalb von drei Monaten beziehbar ist.

Life Cycle Assessment / Ökobilanz (LCA):

Systematische Analyse und Bewertung der Umweltwirkungen von Produkten für deren gesamten Lebenszyklus („cradle-to-grave“).

Mischnutzung:

Bezeichnung für Gebäude oder Quartiere, in denen unterschiedliche Nutzungen untergebracht sind bzw. sich etabliert haben. Mischgenutzte Quartiere fördern die Diversität und Belebung des Stadtraums.

Modale Masse:

Massenanteil, der unter einer bestimmten Schwingungsform angeregt wird.

Nachnutzung:

Abweichende Nutzung nach der ursprünglich einem Gebäude oder Fläche zgedachten Nutzung.

Ozone depletion potential (ODP):

Potenzial zum Abbau der stratosphärischen Ozonschicht. Wird relativ zu Fluorchlorkohlenwasserstoff als kg R_{11} -Äquivalent angegeben (auch als kg CFC_{11} -Äquiv. bezeichnet).

Photochemical ozone creation potential (POCP):

Beitrag schädlicher Spurengase zur Bildung bodennahen Ozons. Wird als Ethen-Äquivalent ($\text{kg C}_2\text{H}_4$ -Äquiv.) angegeben.

Primärenergie:

Energie, die mittels natürlicher Energieträger erzeugt wird. Dabei wird unterschieden in nicht erneuerbare Energieträger (z. B. Kohle, Erdgas oder Erdöl) und erneuerbare Energieträger (z. B. Sonne, Wind, Geothermie oder Biomasse).

Recycling:

Prozess der Rückgewinnung, durch den Abfallstoffe zu Produkten, Werkstoffen oder Stoffen wiederaufbereitet werden, die entweder ihrem ursprünglichen Zweck oder anderen Zwecken dienen.

Revitalisierung:

Anpassungsprozess von Immobilien, die über eine reine Sanierung hinausgehen. Die Revitalisierung von Wohn-, Büro-, Handels- und auch Industrieimmobilien bezweckt die Anpassung der Gebäude an zeitgemäße Nutzer- und Nutzungsanforderung bei gleichbleibender Nutzung. Sie beinhaltet Strategien Gebäude für den Immobilienmarkt wettbewerbsfähig zu machen.

Sekundärenergie:

Durch Energieumwandlung oder Raffination erzeugt bzw. veredelt Energie bspw. Mineralölerzeugnisse, Fernwärme oder elektrischer Strom.

spezifische Ökobilanzdaten:

Daten, die für ein Produkt, eine Produktgruppe oder Dienstleistung repräsentativ sind und die von einem Hersteller oder Produktverband bereitgestellt werden.

Struktureller Leerstand:

Flächenangebot, das unabhängig der konjunkturellen Lage für längere Zeit – mehr als drei Monate – leer steht und keine Möglichkeit besteht, es zu marktüblichen Preisen einer Wiederverwertung zu zuführen.

Umnutzung:

Erweiterte Form der Revitalisierung, die eine Nutzungsveränderung beinhaltet. Die Nutzungsänderung ist baurechtlich einem Neubau gleichzustellen und bedarf einer Baugenehmigung.

Umweltindikatoren:

Methodische Kenngröße, die auf eine messbare Ersatzgröße (Indicans) zurückgreift, um somit komplexe Umwelt-Sachverhalt zu beschreiben.

Variabilität:

Anpassungsform von Gebäuden, Grundrissen oder Räumen bei veränderter Nutzungsart.



1 Einleitung

Umnutzung bestehender Gebäudestrukturen



Aktuelle Situation des Immobilienmarktes	1.1
Ursachen des strukturellen Leerstandes	1.2
Revitalisierung und Umnutzung	1.3
Erkenntnisse von Revitalisierungen und Umnutzungen für die Objektplanung	1.4



Umnutzung bestehender Gebäudestrukturen

Der konjunkturelle Aufschwung führte in den vergangenen Jahren, insbesondere in den zentralen Lagen der A- und B-Städte, zu einer Verknappung von Büroflächen. Dennoch stellt der strukturelle Leerstand von Bürogebäuden in Deutschland und Europa ein generelles Problem dar. Trotz der positiven wirtschaftlichen Lage und der damit verbundenen Nachfrage nach Büroflächen, ist nur ein geringfügiger Rückgang der Leerstandsraten von Büroimmobilien festzustellen. Die Erfahrungen der vergangenen Jahrzehnte zeigen, dass neben dem Leerstandsrisiko bei abflauernder Wirtschaft, die Errichtung kostengünstiger monofunktionaler Gebäudestrukturen, wie sie vielerorts seit den 1970er Jahren umgesetzt wurden, zu frühzeitigem Leerstand führen. Die Ursache liegt meist in der starren Gebäudestruktur und dem damit verbundenen hohen monetären Aufwand, auf veränderte Nutzeranforderungen zu reagieren. Der daraus resultierende frühzeitige Abriss und Neubau führt zu erhöhtem Ressourcenverbrauch und zusätzlichen umweltschädlichen Emissionen. Angesichts des voranschreitenden Klimawandels besteht vor allem im Bausektor die Notwendigkeit, die Nachhaltigkeit von Bauwerken und deren technische und wirtschaftliche Lebensdauer zu erhöhen.

Aufbauend auf dem AIF-FOSTA-Forschungsprojekt P881 „Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise“ wurde das Projekt P1118 zur Entwicklung multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser konzipiert. Mit dem Vorhaben werden Wege aufgezeigt, wie eine multifunktionale Nutzung ermöglicht wird, z. B.

- durch geeignete Planungsansätze,
- durch die Gestaltung der Gebäudekonstruktion und Schaffung geeigneter Randbedingungen für den technischen und strukturellen Ausbau sowie
- durch geeignete Fassadenkonstruktionen und optimierte Erschließung.

In Bezug auf die Funktionalität stehen unterschiedliche Mischnutzungen im Vordergrund. Es werden Szenarien für verschiedene Nutzungsformen analysiert und unter Berücksichtigung des Baurechts die objektplanerischen Anforderungen an die Tragstruktur für unterschiedliche Grade der Funktionalität abgeleitet.

Aufbauend auf und in Ergänzung zum Forschungsprojekt P881 wird der Einfluss der Stahl- und Verbundkonstruktionen auf wesentliche Nachhaltigkeitskriterien untersucht. Im Fokus stehen gleichberechtigt zur Ökologie die Auswirkungen auf die Gebäudeerrichtung, ausgewählte Renditekenngößen und die zukünftige Vermarktungsfähigkeit. Neben den direkten Auswirkungen auf die Tragkonstruktionen (Decken, Unterzüge, Stützen) werden Wechselwirkungen auf vertikale Bauteile und Gründungselemente (hier insbesondere Auswirkungen der Konstruktionshöhen und Gebäudemassen) verifiziert.

Abb. 1.1: „The Silo“ im Bauprozess – Umnutzung eines ehemaligen Speichergebäudes in eine Wohnnutzung in direkter Wasserlage
COBE | Kopenhagen [DK] | 2017
Foto: Rasmus Hjortshøj – COAST



THE
SILO

HYATT



1.1 Aktuelle Situation des Immobilienmarktes

Der Immobilienmarkt befindet sich durch eine positive Wirtschaftslage seit einigen Jahren in einer lang anhaltenden Wachstumsphase. Ein Ende wird aktuell nicht prognostiziert. Bleibt es bei der behutsamen Abkehr von der lockeren Geldpolitik durch die europäische Zentralbank mit allenfalls langsam steigenden Zinsen und gleichzeitig weiterhin hohen Baubedarfen, wird sich im Laufe der Zeit eine weniger dynamische Abschwungphase anschließen [1-1]. Investoren nutzen die aktuellen Bedingungen mit einem geringen Zinssatz und sehen in der Finanzierung von Bauprojekten eine attraktive Geldanlage. Sie investieren in den Städten wirtschaftsstarker Metropolregionen in Neubauten, die einerseits dem dauerhaft bestehenden Wohnungsmangel entgegenwirken und andererseits einen steigenden Bedarf an Büroflächen decken.

Nach aktuellen Prognosen hält die hohe Nachfrage nach Wohn- und Büroflächen in den Städten für die nächsten Jahren an. Erst ab dem Jahr 2035 wird durch den demografischen Wandel die Zahl der Beschäftigten sinken, womit ein Rückgang des Büroflächenbedarfs und eine Steigerung der Leerstandsflächen verbunden ist [1-2]. Die Folge ist, dass Investoren den Refinanzierungszeitraum aktueller Bauprojekte auf kürzere Nutzungszyklen auslegen, obwohl die bauliche Gestaltung der Gebäude längere Nutzungszeiten erlauben. Kostenoptimierte Ausführungen für den frühzeitigen „Return-on-Investment“ (ROI) wirken sich zwangsläufig auf die Ausführungs- und Nutzungsqualität von Neubauten aus. Nachnutzungsstrategien werden häufig aus Kostengründen nicht in die Planung einbezogen, sodass nach der ersten Nutzungsphase erhebliche Ausgaben für einen Umbau entstehen. Langfristig werden die Eigentümer von zu spezifisch ausgelegten, monofunktionalen Gebäuden mit Vermarktungsproblemen konfrontiert.

Auf dem Immobilienmarkt von Büro- und Verwaltungsgebäuden sorgen Neubautätigkeiten für ein steigendes Büroflächenangebot. So erhöht sich für bestehende, aber nicht zeitgemäße und schwer vermarktungsfähige Gebäude die Gefahr des Leerstandes. Noch heute suchen viele deutsche und europäische Städte nach Lösungsstrategien für die Folgen der geplatzten Dotcom-Blase um die Jahrtausendwende, in deren Folge ein verzögertes Überangebot an Büroflächen geschaffen wurde, sowie der Finanzkrise im Herbst 2008.

Durch die stark rückläufige Nachfrage nach Büroflächen betrug der durchschnittliche Anteil leerstehender Flächen am Gesamtbestand zu Beginn dieses Jahrzehnts für die 125 größten deutschen Städte rund 7,5 % (Abb. 1.2). In Einzelfällen wurde eine Leerstandsquote von knapp 20 % erreicht [1-3], die in einigen Städten und Gemeinden zu einem sichtbaren Problem wird, da der Leerstand und ein heruntergekommenes Erscheinungsbild negative Folgewirkungen auf das Umfeld ausüben. Gleichzeitig ist eine gewisse Leerstandsrate für einen funktionierenden Büroimmobilienmarkt unentbehrlich. Bei anziehender Konjunktur kann der Leerstand den schnellen Ausgleich des Marktes bedienen.

Den leerstehenden, aber unmittelbar beziehbaren Bürogebäuden werden nach Ursache und Dauer folgende Hauptursachen zugewiesen:

- Konjunktureller Leerstand – Schwankungen im Verhältnis von Angebot und Nachfrage nach Gebäudeflächen durch einen temporären Rückgang der Nachfrage aufgrund wirtschaftlicher Entwicklungen
- Spekulativer Leerstand – Gebäudeflächen, die trotz der Möglichkeit einer Nutzung vom Eigentümer nicht vermietet oder verkauft werden, da eine höhere Renditeerwartung erhofft wird

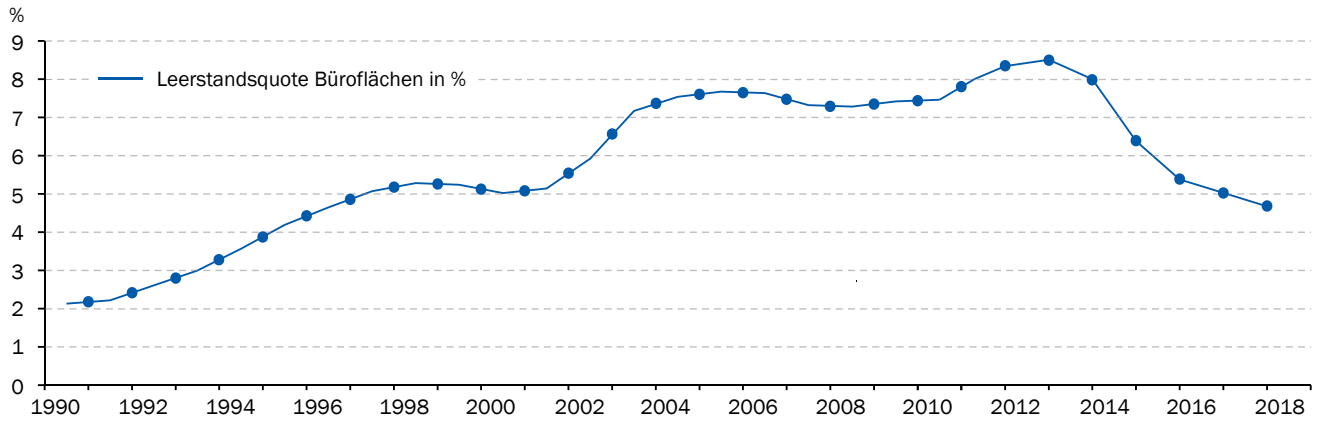


Abb. 1.2: Leerstandsquote in % der sieben größten Städte in Deutschland in den vergangenen knapp 40 Jahren [1-3], [1-4]

Abweichend davon ist der strukturelle Leerstand einzustufen, bei dem Büroflächen unabhängig von der konjunkturellen Lage für längere Zeit – mehr als drei Monate – leer stehen. Aufgrund der Gebäudeeigenschaften besteht keine Möglichkeit, eine zeitnahe Vermarktung zu marktüblichen Preisen herbeizuführen. Der strukturelle Leerstand wird in den Leerstandstatistiken in der Regel nicht erfasst und verschärft die Leerstandsproblematik einiger deutscher und europäischer Städte.

Seit wenigen Jahren ist eine leicht rückläufige Tendenz der Leerstandsquoten in den Städten erkennbar. In den sieben größten Städten Deutschlands ist ein deutlicher Rückgang festzustellen. Hier lag der durchschnittliche Wert im ersten Quartal 2018 bei noch 4,8 %, was einem Rückgang von über 5 %-Punkten gegenüber 2013 entspricht [1-4]. Der Büroimmobilienmarkt profitiert von der aktuell sehr guten konjunkturellen Lage in Deutschland und den europäischen Ländern, die zu steigenden Beschäftigungszahlen und zu einem erhöhten Büroflächenbedarf vorrangig in den Städten führt [1-1].

Eigentümer von konjunkturell bedingter oder aufgrund von Spekulationen leerstehender Bürogebäude nutzen die aktuelle Phase positiver Wirtschaftsentwicklungen auf dem Immobilienmarkt und verändern durch Vermietung oder Verkauf ihrer Immobilien kurzfristig die Leerstandstatistiken im positiven Sinne. Demgegenüber sind strukturell leerstehende und schwer vermarktungsfähige Bürogebäude stärkerer Konkurrenz durch bedarfsgerechte und energieeffiziente Neubauten ausgesetzt. Denn Büroimmobilien werden von Investoren im Vergleich zu Wohnimmobilien weiterhin als attraktivere Anlage gewertet, da die Bewirtschaftungskosten geringer und die erzielbaren Mieten höher liegen – trotz volatiler Preisentwicklung, der prognostizierten Stagnation bis zum Rückgang der Büroflächennachfrage nach 2035 [1-5]

sowie dem höheren Leerstandsrisiko. Attraktive, neuwertige Büroflächen, die modernste Standards erfüllen und eine hochwertige Arbeitsumgebung bieten, sind für Arbeitgeber von hoher Relevanz, um auf dem unter Fachkräftemangel leidenden Arbeitsmarkt konkurrenzfähig zu sein. Zusätzlich spielt die „Corporate Social Responsibility“ gegenüber Mitarbeitern und Kunden eine immer größere Rolle, die sich in energieeffizienten, hochwertigen Neubauten mit geringen Nebenkosten wieder spiegelt. Denn Energie lässt sich leichter bei Neubauten einsparen als bei Bestandsgebäuden, die für vergleichbare bauliche und energetische Bedingungen meist aufwendig und kostenintensiv saniert werden müssen.

Erschwerend kommt hinzu, dass Gemeinden und Städte trotz aller intensiven Diskussionen über einen nachhaltigen Umgang mit Flächen und Ressourcen weiter neues Bauland ausweisen, um gegenüber Nachbargemeinden und -städten nicht an Wirtschaftskraft und Attraktivität zu verlieren. Bestehende, leerstehende Immobilien werden ihrem Schicksal und somit häufig dem Verfall überlassen. Erfahrungen aus den sieben A-Städten (Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, Hamburg, Köln, München und Stuttgart) zeigen jedoch, dass in konjunkturellen Hochphasen zunehmend das Raumangebot strukturell leerstehender Immobilien in Innenstadtlagen durch Investoren genutzt wird, da Bauflächen in attraktiven Lagen kaum noch verfügbar sind. Die Revitalisierung, Umnutzung oder der Abriss zugunsten effizienter Neubauten führte in den vergangenen Jahren in den genannten Städten zu einem überdurchschnittlich hohen Rückgang der Leerstandsquoten [1-4]. In Berlin, Stuttgart und München wird bereits vor einer Büroknappeit in Innenstadtlagen gewarnt. „Sie sind im Zentrum faktisch voll vermietet. Das hemmt die wirtschaftliche Entwicklung der Städte“ [1-6].

1.2 Ursachen des strukturellen Leerstands

Die Ursachen für den strukturellen Leerstand von Büro- und Verwaltungsgebäuden lassen sich neben Veränderungsprozessen in der Gesellschaft und der Arbeitswelt – Demographischer Wandel, Urbanisierung, Zuwanderung, Digitalisierung, Dienstleistungsgesellschaft, Home-Office, Desk-Sharing, Networking, Mobilität, etc. – sowie dem Überangebot an Büroflächen auf wenige, aber entscheidende gebäudestrukturelle Faktoren zurückführen. Wurden in den 1960er bis 1980er Jahren funktional und räumlich optimierte Gebäude für langfristige Nutzer errichtet, hat sich die Nutzungsdauer von Büroflächen im Laufe der Jahre erheblich reduziert. Eine Marktumfrage der europäischen Kommission [1-7] zeigt, dass bei Büroimmobilien alle 11,3 Jahre eine Veränderung des Bürokonzeptes oder der Nutzungsform stattfindet. Doch mit den starren Strukturen der Bürobauten aus den 1960er bis 1980er Jahren, die den damaligen Anforderungen des Büroflächenmarktes entsprachen, kurzfristig auf veränderte Nutzungs- und Nutzerkonzepte zu reagieren, ist nur unter erhöhtem, finanziellem Aufwand möglich. Typische Zellenstrukturen, deren Trennwände auch konstruktive Aufgaben übernehmen („Schottenbauweise“), oder zu große Gebäudetiefen stehen der Transformation in eine offene, tageslichtdurchflutete und im besten Falle stützenfreie Arbeitswelt, wie sie heute von Arbeitnehmern erwartet wird, durch ihre Gebäudestruktur im Wege. Als strukturell entscheidend erweist sich zusätzlich die ursprünglich als ausreichend dimensionierte Raumhöhe der Geschosse, die heutigen Anforderungen nicht genügt. Der notwendige Platzbedarf für akustisch wirksame abgehängte Decken mit einem Installationsraum für Beleuchtungselemente sowie Lüftungskanäle oder aufgeständerte Bodenkonstruktionen schränken die lichte Raumhöhe von Bestandsgebäuden stark ein. Doch aktu-

elle Büroflächenangebote benötigen eine ausreichende lichte Raumhöhe, um die verschiedenen Bürokonzepte mit immer weiträumigeren Büroeinheiten realisieren zu können.

Veränderte baurechtliche Vorgaben an die Tragstruktur, an die Bauphysik (vorrangig Schall- und Wärmeschutz), an den Brandschutz sowie an die Barrierefreiheit können die Revitalisierung bestehender Gebäude weiter erschweren. Hinzu kommen fehlende Flächenreserven in vorhandenen Schächten der Gebäudetechnik, die für eine erhöhte technische Ausstattung heutiger vernetzter, digitaler Arbeitswelten sowie für einen erhöhten Nutzerkomfort, wie zum Beispiel die mechanische Belüftung, benötigt werden. Das äußere Erscheinungsbild leerstehender oder schwer vermarktungsfähiger Gebäude entspricht in der Regel nicht mehr dem heutigen Bild moderner, offener Arbeitswelten. Diese Objekte sind schwierig an Unternehmen zu vermitteln, die auf die Außenwirkung ihrer Standorte einen verstärkten Fokus legen. Zudem verursacht ein meist geringer Wärmedämmstandard der Gebäudehülle vergleichsweise hohe Nebenkosten.

Nach Überschreiten bestimmter Leerstandszeiten erscheinen Abriss und Neubau strukturell leerstehender Gebäude oft zielführender als ein aufwendiger Umbau. Je länger ein Gebäude leer steht, desto stärker erhöhen sich Sanierungskosten durch Verfall und ggf. Vandalismus. Das zusätzliche Angebot an bedarfsgerechten Neubauten erschwert die Vermarktungsfähigkeit leerstehender und unattraktiver Bürogebäude. Doch die Gesamtrechnung einer Wiedereinführung ist bei genauerer Betrachtung nicht nur von rein ökonomischen, sondern auch von standort- und marktspezifischen Faktoren abhängig.

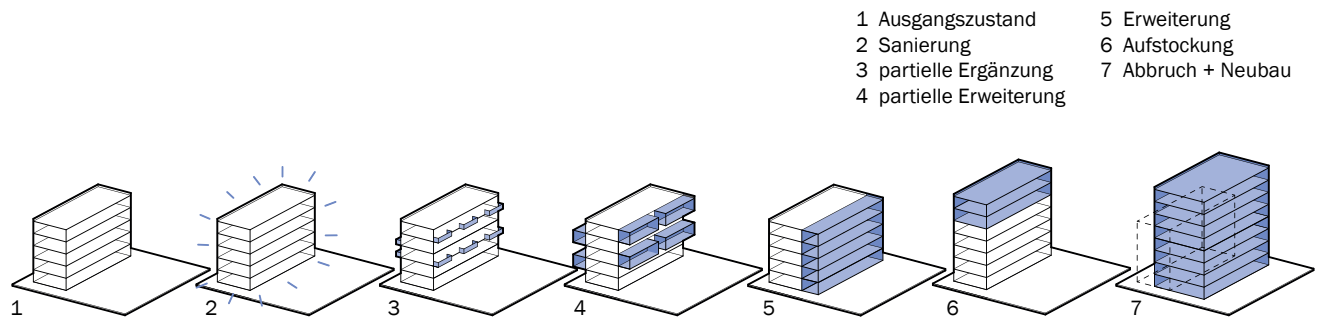


Abb. 1.3: Variationen von Revitalisierungen mit unterschiedlich starkem Eingriff in die Gebäudestruktur

1.3 Revitalisierung und Umnutzung

1.3.1 Chancen von Revitalisierung und Umnutzung

Bei der Betrachtung von Leerständen oder Gebäuden, die einem Leerstandsrisiko ausgesetzt sind, kommt der Lage und dem Zustand der Bausubstanz eine besondere Bedeutung zu. Aufgrund von Neubauten gibt es für leerstehende Gebäude nur dann Wiedervermietungs-chancen durch eine Revitalisierung, wenn die Gebäudequalität einem hohen Standard entspricht und sich die Gebäude in zentralen und attraktiven Lagen befinden. Wenn sich der Leerstand auf peripher gelegene Standorte mit Qualitätsnachteilen konzentriert, erscheint eine Wiedernutzung als Bürofläche wenig wahrscheinlich. Allerdings ist dann eine Umnutzung zu Wohnzwecken denkbar, gerade wenn die Gebäude gut an den öffentlichen Nahverkehr angebunden sind. Die Vermarktungsfähigkeit ist durch den dauerhaften Wohnungsmangel in den Städten und das damit verbundene Ausweichen auf suburbane Gebiete gegeben. Revitalisierungen in zentralen und attraktiven Lagen sind generell erfolgsversprechend, da den Umbaukosten höhere Miet- oder Verkaufspreise gegenüberstehen [1-3]. Es generieren sich auch dann höhere Einnahmen, wenn die Nachnutzung den Ansprüchen von Nutzern mit einem hohen Lebensstandard gerecht wird oder ein außergewöhnlicher Standort die Attraktivität einer Immobilie steigert. In diese Kategorien fallen Projekte mit ungewöhnlicher Ausgangslage für Nachnutzungen, wie zum Beispiel die Umnutzung eines alten Kopenhagener Silos in ein Wohngebäude in Wassernähe (vgl. Abb. 1.5). Von auffallenden Revitalisierungen geht häufig eine Magnetwirkung aus, die Quartierentwicklungen entscheidend beeinflussen können. Dies kann besonders ausgeprägt bei langfristig leerstehenden Gebäuden der Fall sein, die sich im Stadtbild als markante Gebäude eingepreßt haben.

Gebäuden, die bei gleichbleibender Nutzung revitalisiert wurden, und Projekte, die durch eine Nutzungsänderung transformiert wurden, ist gemein, dass die Maßnahmen notwendig wurden, um der Gefahr des Leerstandes zu entgehen. Teilweise wird im Zuge der Revitalisierung das räumliche Angebot im Rahmen baurechtlicher und konstruktiver Vorgaben mit Aufstockungen oder Anbauten erweitert. Die Veränderungsprozesse veranschaulichen den Aufwand der Eingriffe in die bestehende Gebäudestruktur und lassen vermuten, warum Neubauten gegenüber revitalisierten Projekten und Umnutzungen von Investoren bevorzugt werden. Für Neubauten sind die Baumaßnahmen und ihre ökonomischen Auswirkungen einfacher einzugrenzen. Räumliche Kompromisse oder Einschränkungen in der Nutzung, wie sie bei Umnutzungen auftreten, können bei Neubauten weitestgehend ausgeschlossen werden. In diesen Projekten zeigt sich die Kreativität der Planer im Umgang mit den räumlichen Gegebenheiten des Bestandes, um Flächen neu zu zonieren und mit geeigneten Lösungsansätzen bestehende Gebäude attraktiv umzugestalten.

1.3.2 Kategorien von Revitalisierungen

Anhand des unterschiedlich starken Eingriffs in die Gebäudestruktur können Revitalisierungen in die nachfolgend Kategorien gegliedert werden (vgl. Abb. 1.3).

Sanierung – Die Ertüchtigung der Gebäudehülle beinhaltet auf Grund der aktuellen Rechtsprechung in der Regel eine energetische Sanierung. Ausgenommen sind Sanierungen, wenn die Fläche der geänderten Außenbauteilflächen nicht mehr als 10 von Hundert der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes betrifft [1-8] oder die Außenbauteile bereits einen definierten Dämmstandard erfüllen. Die Vorgaben der Energie-

einsparverordnung (EnEV) müssen nicht herangezogen werden, wenn sich die Ertüchtigung der Oberflächen auf einen farblichen Anstrich beschränkt („Pinsel-sanierung“). Bauordnungsrechtlich sind Sanierungen, die sich auf den Anstrich der Außenbauteile und einer konstruktiv nicht relevanten Veränderung der Innenräume beschränken, genehmigungsfrei. Der Eigentümer erhofft sich mit einem „frischen“ Erscheinungsbild sowie einer verbesserten Energiebilanz der Gebäudehülle die Vermarktungsfähigkeit der Immobilie deutlich zu steigern. Bleiben Eingriffe in die Raumzonierung aus, die die Anforderungen moderner Nutzungskonzepte erfüllen, wird die Vermarktungsfähigkeit der Immobilie häufig nur kurzzeitig gesteigert.

Partielle Ergänzung – Die Ergänzung des Nutzungsangebotes um eine Freifläche, wie sie als Balkon für die Nutzungsart Wohnen häufig realisiert wird, erfolgt ohne größeren Eingriff in die Gebäudestruktur. Aus konstruktiver und bauphysikalischer Sicht ist zu überprüfen, in wie weit die Tragstruktur des Gebäudes die vorgesehenen Ergänzungen konstruktiv aufnehmen kann oder ob diese, z. B. in Form einer Balkonanlage, der Gebäudestruktur vorangestellt werden kann. Zum Erschließen der Freiflächen werden lediglich geringe Eingriffe an der Fassade notwendig. Bauordnungsrechtlich gelten partielle Ergänzungen, wie Balkone, als untergeordnete Bauteile. Nach den Bauordnungen der Länder gehören sie in der Regel zu den baugenehmigungsfreien Vorhaben, wenn sie 30 m² Brutto-Grundfläche je Ergänzung nicht überschreiten, maximal 3,0 Meter auskragen und das Gebäude den Gebäudeklassen 1 bis 3 zuzuordnen ist. In allen anderen Fällen ist eine Baugenehmigung erforderlich.

Partielle Erweiterung – Bei der partiellen, räumlichen Erweiterung des Nutzungsangebotes handelt es sich um die Erweiterung der Nutzflächen über die ursprüngliche

Gebäudehülle hinaus. Diese Maßnahme bedingt ausreichend Lastreserven in der Gebäudetragstruktur. Für stark auskragende Erweiterungen – meist als Leichtbaukonstruktionen – sind konstruktive Ergänzungen am Tragwerk der Bestandsstruktur erforderlich, die sich auf die Grundrisszonierung auswirken. Bauordnungsrechtlich ist durch die Dimension der Ergänzungen eine Baugenehmigung inkl. der Überarbeitung des Statischen Nachweises erforderlich.

Erweiterung – Bei einer Veränderung der Gebäudetiefe als räumliche Erweiterung des Gesamtgebäudes ist zunächst bauordnungsrechtlich zu überprüfen, inwieweit Grundstücksgrenzen, Baugrenzen, Ausnutzungsziffern oder Abstandsflächen eingehalten bleiben. Die räumliche Erweiterung des Gebäudevolumens ist im Zusammenhang mit der Belichtungssituation sowie der Zonierung der Grundrisse zu prüfen. Eine eigenständige Gründung der Anbauten ist erforderlich, da sich die Auswirkungen auf das bestehende Gebäudetragwerk auf geringe Eingriffe beschränken sollten.

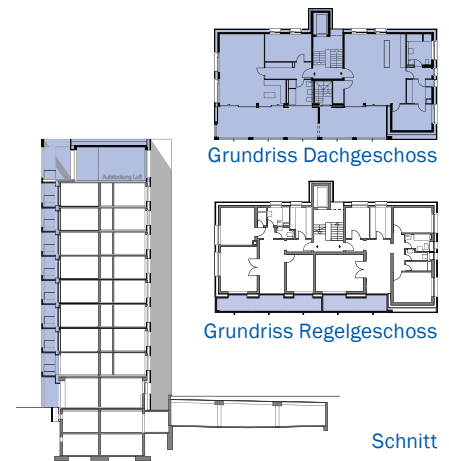
Aufstockung – Analog zum Revitalisierungsprozess „Anbau“ sind bei Aufstockungen die bauordnungsrechtlichen Vorgaben am Standort zu prüfen. Entscheidend für das Maß der Aufstockung sind die Lastreserven der tragenden Bauteile bis hin zur Gründung, die mit Leichtbauprinzipien, wie z. B. dem Stahlleicht- oder Holzbau, effektiv ausgenutzt werden können. Die vertikale Erweiterung von Bestandsgebäuden ist im Sinne der Nachhaltigkeit als positive Maßnahme einzustufen, da mit ihr die notwendige Verdichtung der Städte und eine damit verbundene Reduktion des Flächenverbrauchs erreicht wird.

Abbruch und Neubau – Neben der Sanierung von Bausubstanz oder der Revitalisierung von Immobilien sind auch der Abriss und Neubau eine Option im Umgang



Abb. 1.4: Revitalisiertes Wohnhochhaus mit Aufstockung „Güterstraße 30“ | Freivogel Mayer Architekten | Pforzheim [D] | 2014

Fotos: Dietmar Strauß, Besigheim | Pläne: Freivogel Mayer Architekten, Ludwigsburg



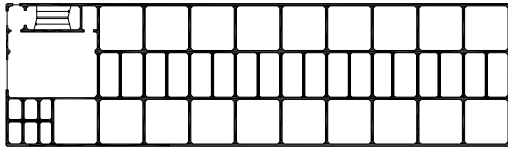
mit dem Leerstand. Diese sollte aufgrund des Ressourcenverbrauchs nur dann in Betracht gezogen werden, wenn bestehenden Gebäudestrukturen mit unverhältnismäßig hohem Aufwand für relevante Nachnutzungen erüchtigt werden können oder wenn Standortfragen zu diesem Ergebnis führen. Stehen Immobilien oder Anlagen unter Denkmalschutz, ist ein Abriss ausgeschlossen.

Ziel von Revitalisierungen ist die Anpassung der räumlichen und gebäudetechnischen Qualitäten an aktuelle Nutzerbedürfnisse und -anforderungen bei verändertem äußeren Erscheinungsbild. Dabei stehen der bauliche bzw. finanzielle Aufwand im Verhältnis zu einer Erhöhung der Vermarktungsfähigkeit von Immobilien. Neben einer gründlichen Bestandsaufnahme fließen die Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie, einer Wirtschaftlichkeitsberechnung, einer funktionalen Konzeptoptimierung sowie weitere standortspezifische Vorgaben in die Bewertung von Gebäuden ein. Revitalisierungen bedürfen je nach baulichem Ausmaß einer erneuten Baugenehmigung, die sich auf aktuelle und häufig überarbeitete Bauregularien beziehen. Dies kann dazu führen, dass bestehende Vereinfachungen, Ausnahmeregelungen oder Abweichungen bei einer erneuten Baugenehmigung ihre Gültigkeit verlieren oder durch veränderte Gegebenheiten vor Ort nicht mehr zu realisieren sind. Dies ist beispielhaft am Stellplatznachweis der Gemeinden darstellbar, dessen Berechnungsgrundlage in den vergangenen Jahren immer wieder angepasst wurde. Gegenüber Neubauten haben Revitalisierungen den Vorteil, dass durch eine verkürzte Bauzeit die Flächen schneller in die Vermietung bzw. den Verkauf überführt werden können. Die verkürzte Zwischenfinanzierung wirkt sich positiv auf den ROI aus.

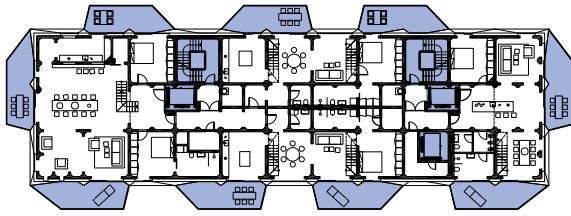
1.3.3 Erkenntnisse aus Umnutzungsprojekten

An die Umnutzung von Gebäuden werden im Vergleich zu Revitalisierungen mit gleichbleibender Nutzung erweiterte Anforderungen gestellt. Diese begründen sich in den unterschiedlichen Vorgaben der Bau- und Sonderbauverordnungen sowie Richtlinien, die sich in den verschiedenen typologischen Grundsätzen von Nutzungsarten darstellen. Zur Transformation einer Gebäudestruktur in eine abweichende Nutzungsart bedarf es baulichen Anpassungen und somit können Eingriffe in die Gebäudestruktur notwendig werden. Dies ist beispielhaft an der Ergänzung um vertikale Erschließungsmöglichkeiten oder Schächte der technischen Gebäudeausrüstung für eine kleinteilige Wohnnutzung erkennbar. Zusätzlich entsteht ein erhöhter Planungs- und Abstimmungsaufwand durch den Abgleich konstruktiver, brandschutztechnischer und bauphysikalischer Gegebenheiten mit den Anforderungen abweichender Nutzungsarten. Diese Maßnahmen erhöhen die Bau- und Planungskosten, sodass je nach Standort und Gegebenheiten für Umnutzungen hohe Miet- oder Verkaufspreise für eine Rentabilität erforderlich werden.

Auffällig ist der hohe Prozentsatz an Umnutzungen von leerstehenden Gebäuden in die Nutzungsart Wohnen. Begründen lässt sich dies an dem dauerhaften Wohnungsmangel attraktiver Städte und der damit verbundenen Verwertung des zur Verfügung stehenden Raumes. Die hohe Anpassungsfähigkeit von Wohnungsgrundrissen an bestehende Raumvorgaben, die im Vergleich zu Beherbergungsstätten oder Büroflächen weniger auf ein effizientes Gebäuderaster angewiesen sind und eine hohe Vielfalt besitzen, wirkt sich förderlich auf die Umsetzung aus. Zusätzlich befinden sich die Wohnungsmieten in vielen deutschen Städten bereits annähernd auf dem Niveau von günstigen Büroflächenmieten.



Grundriss Bestand



Grundriss Wohnung

„The Silo“

COBE Architekten | Kopenhagen [DK] | 2017
Umnutzung Getreidesilo in Wohnnutzung

Das ursprünglich 17-geschossige Getreidesilo wurde von COBE Architekten zu einem Wohngebäude umgebaut, das zur Belebung des Hafens Nordhavn in Kopenhagen um öffentliche Nutzungen in Teilen des Gebäudes ergänzt wurde. Die Wohnungsgrundrisse wurden der Betonstruktur mit ihrer markanten Oberfläche untergeordnet. Wo immer möglich wurde die Gebäudesubstanz im Originalzustand belassen.

Abb. 1.5: Zustand vor und nach der Umnutzung des ehemaligen Getreidesilos als Wohngebäude.

Fotos: Rasmus Hjortshøj – COAST | Pläne: COBE



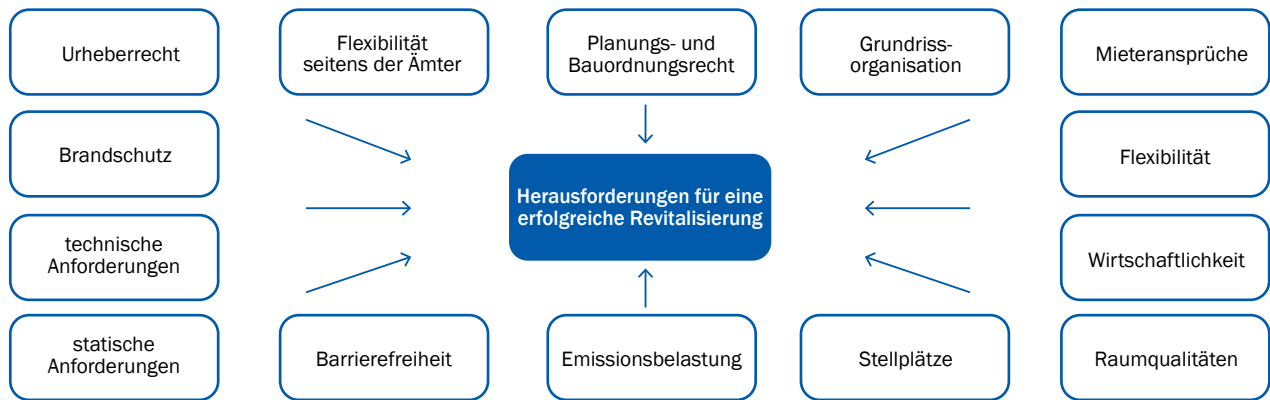


Abb. 1.6: Herausforderungen für eine erfolgreiche Revitalisierung

1.4 Erkenntnisse von Revitalisierungen und Umnutzungen für die Objektplanung

Der Grundstock des deutschen Immobilienbestandes wurde in der Zeitspanne zwischen den 1950er bis 1980er Jahren errichtet. Dieser wird immer stärker mit den Veränderungen unserer Gesellschaft und unserer Umwelt konfrontiert. Unzureichende Baupflege, konstruktive Mängel, veränderte energetische und bauphysikalische Standards sowie ungeeignete Raumstrukturen haben vielen Gebäuden zugesetzt. Beginnende Vermarktungsschwierigkeiten aufgrund fehlender Attraktivität und Flexibilität wurden durch steigende Betriebskosten beschleunigt. Die Auswirkungen zeigen sich deutlich auf dem Büroflächenmarkt mit seiner hohen Leerstandsrate. Im Vergleich dazu besteht auf dem städtischen Wohnungsmarkt durch veränderte Wohngewohnheiten, wie dem steigenden Wohnflächenbedarf je Person, und der verstärkten Urbanisierung ein dauerhafter Wohnungsmangel. Somit bleiben auch unattraktive Flächen und Gebäude vermarktungsfähig.

Im Umgang mit dem Bestand sollten sich die Planungen auf die Fragestellung nach Umnutzungen oder Modernisierungen fokussieren. Die Entscheidung tendiert jedoch häufig in entgegengesetzte Richtung zum Neubau, weil die Auftraggeber die unvorhersehbaren (finanziellen) Risiken einer Umgestaltung scheuen oder die Potenziale des Bestandes nicht erkennen. In der Auseinandersetzung mit dem Gebäudebestand macht sich vor allem in den Städten ein Paradigmenwechsel bemerkbar, der zugunsten der Bestandsentwicklung ausfällt. Dies lässt sich am Trend der Gesamtinvestitionen der Erneuerungsmaßnahmen ablesen: 1977 betrug statistisch der Anteil an Neubauinvestitionen noch circa 80 Prozent. Dieser wird laut Prognosen bis in die Mitte unseres Jahrhunderts auf ein Drittel zurückgehen. Die

Erfahrungen aus solchen Projekten, neue und auf den Umgang mit dem Bestand ausgerichtete Bauprodukte sowie ggf. baupolitische Erleichterungen, unterstützen und steigern die notwendige Auseinandersetzung mit dem Gebäudebestand.

Dass schwer zu vermarktende Gebäude ggf. ein erhebliches (Umnutzungs-)Potenzial bergen, verdeutlichen revitalisierte Projekte, denen mit planerischem Aufwand und finanziellem Einsatz – häufig zu Neubaukostenwerten – ein verlängertes Leben gewährt wird. Meist werden unterstützende Maßnahmen oder baurechtliche Erleichterungen durch die Verantwortlichen auf Seiten der Stadtplanung und der Bauaufsicht bewilligt, die eine Revitalisierung erst ermöglichen. Revitalisierungen können sich auch aus finanzieller Sicht rentieren, wenn die Gebäudestruktur zum Großteil erhalten werden kann und somit beispielsweise auf die Finanzierung der konstruktiven Elemente sowie der Baugrube verzichtet werden kann. Dies beschleunigt den Bauprozess zusätzlich. Grundsätzlich sind mit einem entsprechenden finanziellen Aufwand alle Gebäude nach einem langen Nutzungszeitraum an aktuelle Bedürfnissen anpassbar. Eine erfolgreiche und vorrangig ökonomisch sinnvolle Revitalisierung bzw. Umnutzung von Gebäuden ist an einigen entscheidenden Faktoren auszumachen. Eine Übersicht der Herausforderungen für eine erfolgreiche Revitalisierung zeigt Abb. 1.6.

Angangslage für die Untersuchung, ob Gebäude für eine Revitalisierung oder Umnutzung geeignet sind, ist die Anpassungsfähigkeit der Gebäudestruktur an räumlich abweichende Nachnutzungen. Dabei stellt sich die Frage nach der Eingriffstiefe in die Gebäudestruktur und die Auswirkungen auf das Tragwerk. Neben Geschosshöhe, Gebäudelänge und -tiefe sind die Geometrie, Anzahl und Größe einzelner Gebäudeelemente sowie der Abstand

zwischen den Elementen als hauptsächliche Faktoren auszumachen. Beispielhaft ist eine überdimensionale Gebäudetiefe zu nennen, die für Nutzungsarten aufgrund der schwierigen Belichtungssituation in Gebäudemitte zum Ausschlusskriterium führen kann. Sehr geringe Gebäudetiefen mit einer hohen Tageslichtausbeute erzeugen ein ineffizientes Verhältnis von Nutzfläche zu Erschließungsfläche, dass durch vergleichsweise hohe Mieten gegenfinanziert werden müsste und daher von Nutzern gemieden wird. Für die Nachnutzung als Bürogebäude sind für moderne Büroräumlichkeiten die lichte Geschosshöhe und der vorhandene Platzbedarf für Nachinstallationen von Medien der TGA in abgehängten Deckenbereichen oder aufgeständerten Böden entscheidend. Sind die Anforderungen nicht oder nur schwer zu erfüllen, erscheint eine Nachnutzung funktional schwierig.

Neben diesen grundsätzlichen Voraussetzungen ist die Vereinbarkeit der Nachnutzungsstrategie mit dem aktuell gültigen Baurecht abzugleichen. Wird eine Nutzungsänderung oder werden deutlich sichtbare Anpassungen an der Gebäudedimension bzw. an der Gestaltung der Gebäudehülle vorgenommen, ist die Konformität mit den Vorgaben der Bebauungspläne zu prüfen. Nur bei gleichbleibender Nutzung ohne größere bauliche Eingriffe gilt Bestandsschutz. Die Ertüchtigung einer „in die Jahre gekommenen“ Gebäudehülle gegen eine energetisch aufgewertete Fassadenkonstruktion, die den aktuellen Anforderungen entspricht, ist für revitalisierte Baumaßnahmen nach aktuellem Baurecht Voraussetzung. Der Rückbau bzw. die Ertüchtigung sind abhängig von der konstruktiven Anbindung an das Primärtragwerk. Ist die Fassade als ein dem Rohbau vorgeseztes Bauteil konzipiert, lässt sich der Austausch von Fassadenelementen ohne größere Eingriffe in das Primärtragwerk realisieren. Sind Elemente der Fassade

für das Primärtragwerk konstruktiv wirksam, ist der Eingriff aufwendig und kostspielig. Die Modernisierung der TGA ist, vergleichbar mit den Maßnahmen der energetischen Sanierung der Gebäudehülle, im Sinne eines verminderten Energieverbrauchs nach aktuellen baurechtlichen Vorgaben notwendig. Im Zusammenwirken mit einer verbesserten Dämmwirkung der Fassadenbauteile wird im Zuge der Revitalisierung über effizientere technische Anlagen die Energiebilanz verbessert und der Komfort in den Nutzräumen gesteigert.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Erfolgsaussichten von Revitalisierungen und Umnutzungen von den Eigenschaften der Gebäudegrundstruktur abhängig sind. „Nebenbaustellen“, wie die Sanierung der Fassade oder der Austausch der TGA, sind bei entsprechendem finanziellen Einsatz lösbar und in der Regel nicht als Ausschlusskriterium festzustellen. Für anpassungsfähige Büro- und Geschäftshäuser ist eine Gebäudegrundstruktur zu entwickeln, die die Anforderungen verschiedener in Betracht gezogener Nachnutzungsarten erfüllt. Im Falle einer Nutzungsänderung sind die Eingriffe bei anpassungsfähigen Gebäuden mit geringem Aufwand möglich, ohne Veränderungen der Primärstruktur vornehmen zu müssen (vgl. Abb. 1.7). Für den Umnutzungsprozess ist die konstruktive Trennung der Systeme der Primärstruktur (Rohbau), Sekundärstruktur (Fassade) und der Tertiärstruktur (Ausbau und TGA) förderlich, da sie den Austausch bzw. die Anpassung einzelner Gebäudeteile vereinfacht, für die unterschiedliche technische Lebensdauern festzustellen sind.

Sind die baurechtlichen, konstruktiven, statischen, bauphysikalischen und brandschutztechnischen Vorgaben aller Nutzungsarten bereits in der Planung berücksichtigt, beschleunigt dies den Umnutzungsprozess erheblich. Die notwendigen Maßnahmen beschränken sich auf den

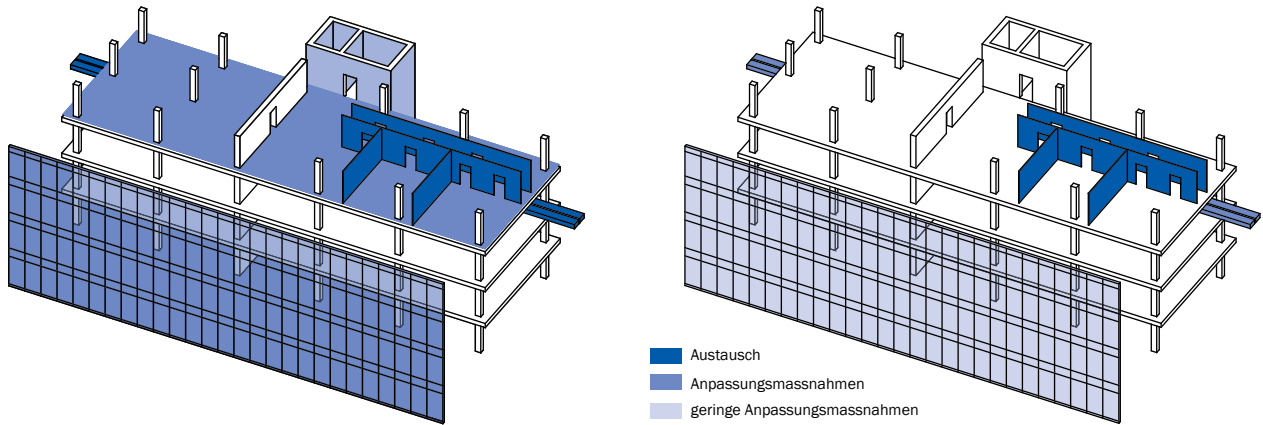


Abb. 1.7: Schematische Darstellung der weitreichenden baulichen Maßnahmen für die Umnutzung bestehender Gebäude (links) und Zielsetzung für die Umnutzung anpassungsfähiger Gebäude (rechts)

Austausch von Ausbauelementen, einer Anpassung der TGA sowie ggf. Veränderungen der Fassadeneinteilung. Sind die Vorgaben eingehalten, kann sowohl auf kurze Nutzerzyklen auf dem Büroflächenmarkt als auch durch eine Neuausrichtung der Nutzung auf Vermarktungsschwierigkeiten reagiert werden.

Verminderter Ressourcenverbrauch und Emissionen sowie ein geringeres Abfallaufkommen durch verringerte Neubautätigkeiten, geringerer Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Städten und Gemeinden durch die Umnutzung von Bestandsgebäuden, und eine geringere Ausbreitung der Städte ins Umfeld durch sinnvolle Binnenentwicklung als ökologische Potentiale von Umnutzungsprozessen müssen aus Gründen der Nachhaltigkeit verstärkt in das Interessensfeld von Eigentümern und Investoren rücken. Werden zukünftig Gebäude anpassungsfähig geplant und somit auf unbekannte Nutzergruppen bei nicht vorhersehbarem Flächenbedarf vorbereitet, können die Aspekte um eine langfristige Nutzung und hohe Vermarktungsfähigkeit ergänzt werden. Welche Auswirkungen eine Anpassungsfähigkeit auf die Objektplanung, die Konstruktion, die Ökologie und die Ökonomie nehmen, wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

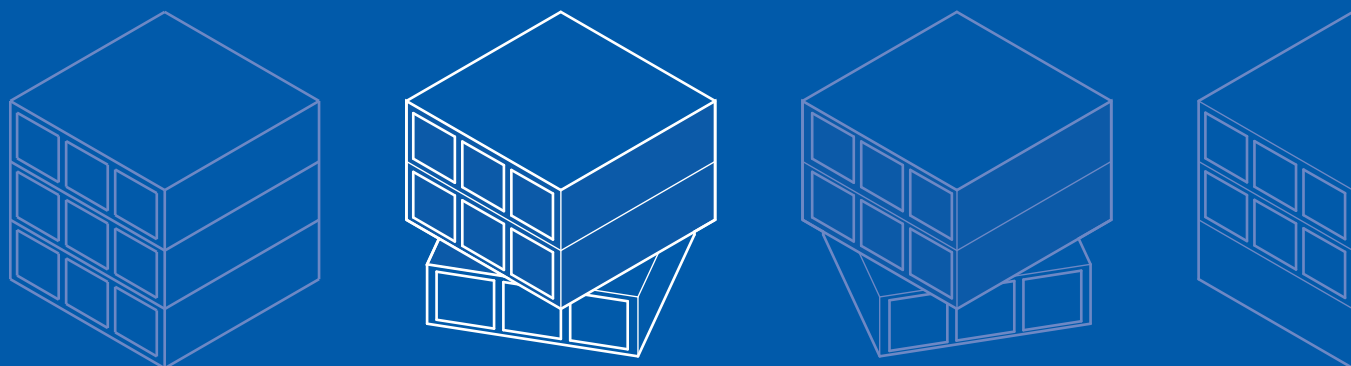
Literaturverzeichnis

- [1-1] Henger R., Hebecker J.: Immobilienbranche – (noch) kein Abschwung in Sicht. Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Köln, 2018.
- [1-2] Voigtländer M., Deschermeier P.: Büroimmobilien: Erst arbeiten, dann wohnen. Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Köln, 2018.
- [1-3] Clamor T., Haas H., Voigtländer M.: Büroleerstand – ein zunehmendes Problem des deutschen Immobilienmarktes. In IW-Trends 38, 2011. S. 1–15.
- [1-4] Jones Lang LaSalle (Hrsg.): Büromarktüberblick. Big 7 | 4. Quartal 2017, Eigenverlag, 2018.
- [1-5] Deschermeier P., Voigtländer M.: Auswirkungen des demografischen Wandels auf die Büroimmobilienmärkte in Deutschland. In IW-Trends 44, 2017.
- [1-6] Wohin mit den Mitarbeitern? In Städten werden Büros knapp. <https://www.zeit.de/news/2018-02/02/wohin-mit-den-mitarbeitern-in-staedten-werden-bueros-knapp-180202-99-901602>, letzter Zugriff: 1. Feb. 2018.
- [1-7] Directorate-General for Research and Innovation (European Commission): Evaluation of client demand, sustainability and future regulations on the next generation of building design in steel. European Commission, 2007.
- [1-8] Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung. Bonn, 2013.



2 Nachhaltigkeit

Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden



Klimaschutzziele	2.1
Normung	2.2
Bewertungssysteme	2.3
Ökologische Qualität	2.4
Ökonomische Qualität	2.5
Lebensdauer von Gebäudekomponenten	2.6



Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden

Richard Stroetmann | Lukas Hüttig

Die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden rückt angesichts des zunehmenden Klimawandels immer stärker in den Fokus der Planung. Neben der Begrenzung umweltschädlicher Stoffe und der grauen Energie wird eine Verringerung des Ressourcenverbrauchs und Abfallaufkommens angestrebt. Im vorliegenden Kapitel werden die europäischen Ziele zur Begrenzung des Treibhausgasausstoßes, Ressourcenverbrauches und Abfallaufkommens behandelt. Anhand europäischer und deutscher Abfallstatistiken werden die Abfälle im Bausektor und das Recyclingpotential verschiedener Baustoffe analysiert. Anschließend werden die normativen Grundlagen der Nachhaltigkeitsbewertung und Ökobilanzierung zusammengefasst. Es erfolgt eine kurze Übersicht zur Entwicklung von Bewertungssystemen für die Nachhaltigkeit im Bausektor. Darauf aufbauen werden Struktur und Inhalte des deutschen Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) und des Systems der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB-System) erläutert. Der Schwerpunkt liegt bei den Bewertungskriterien der ökologischen und ökonomischen Qualität. Zudem werden die im Forschungsvorhaben P1118 angewendeten Bewertungsverfahren sowie die Datengrundlagen der Ökobilanzierung, Lebenszyklusanalyse und Kostenermittlung erläutert.

Abb. 2.1: thyssenkrupp Headquarter Q1 in Essen
Ausgezeichnet mit dem DGNB Zertifikat in Gold
Foto: thyssenkrupp Steel Europe AG



2.1 Klimaschutzziele

Im Rahmen der Verhandlungen zum Pariser Klimaabkommen im Jahr 2015 wurde deutlich, dass die Begrenzung der Erderwärmung mit bisherigen Maßnahmen nicht erreicht werden kann. Zur Erfüllung des vereinbarten Ziels des Abkommens, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf unter 2 °C des vorindustriellen Niveaus zu begrenzen, müssen ehrgeizige Aktionspläne durch die Mitgliedstaaten umgesetzt werden.

Der deutsche Klimaschutzplan 2050 sieht Maßnahmen in den fünf Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft vor. Zentrales Ziel des Plans stellt die Reduktion des Treibhausgasausstoßes gegenüber 1990 um 55 % bis zum Jahr 2030 dar. Im Gebäudesektor wird mit einer Reduktion von 66 % das höchste Einsparpotenzial angestrebt. Bis 2050 soll eine Reduktion um 80 bis 95 % in allen Sektoren erreicht werden. Danach wird eine weitestgehende Treibhausgasneutralität angestrebt.

In Verbindung mit dem Pariser Abkommen werden alle 5 Jahre neue ambitioniertere Ziele verfasst. Die Anforderungen stellen vor allem im Gebäudesektor, der aktuell etwa 30 % zum Treibhausgasausstoß beiträgt, eine hohe Herausforderung dar [2-1], [2-2]. Circa 80 % des Energieverbrauchs und Treibhausgasausstoßes im Gebäudesektor sind derzeit der Nutzungsphase durch Heizen, Kühlen und den Verbrauch von Ressourcen durch den Nutzer zuzuordnen [2-3]. Zudem tragen die Errichtung, Wartung und der Abriss von Gebäuden zum Energieverbrauch, dem Schadstoffausstoß und dem Abfallaufkommen bei. Angesichts der steigenden Energieeffizienz von Gebäuden wird sich die ökologische Belastung in der Nutzungsphase in den nächsten

Jahrzehnten verringern. Die energieeffiziente Herstellung von Bauprodukten und Gebäuden gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Der Gebäudesektor ist für circa ein Drittel der europaweit verursachten Abfälle verantwortlich (vgl. Abb. 2.2). Zwar konnte der Anteil der verwerteten Abfälle in den vergangenen Jahren gesteigert werden, jedoch wird weiterhin ein Großteil deponiert. Dies ist vor allem auf den geringen Einsatz recyclingfähiger Baustoffe zurückzuführen. Dieser betrug 2014 europaweit nur 3,6 % (vgl. Abb. 2.3). Neben Glas, Kunststoffen, Papier und Textilien stellen Holz und Metalle den höchsten Anteil der recyclingfähigen Bauabfälle dar. Nach der ökologischen Produktdeklaration westeuropäischer Qualitätsstähle [2-39] wird eine Sammelrate von 99 %, eine Wiederverwendung von 11 % und eine Recyclingrate von 88 % erreicht.

Zur Förderung nachhaltiger Bauwerke wurde im Jahr 2007 das nachhaltige Bauen als einer der 6 Märkte der „Lead Market Initiative (LMI)“ für Europa benannt, um das Wirtschaftsvolumen des Marktes bis 2020 zu verdoppeln [2-4]. Mit der Erarbeitung von Normen zur Umweltproduktbilanzierung und der Einführung von Systemen zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden erfolgte ein wichtiger Schritt zu einer ökologischeren und zukunftsfähigeren Umwelt.

2.2 Normung

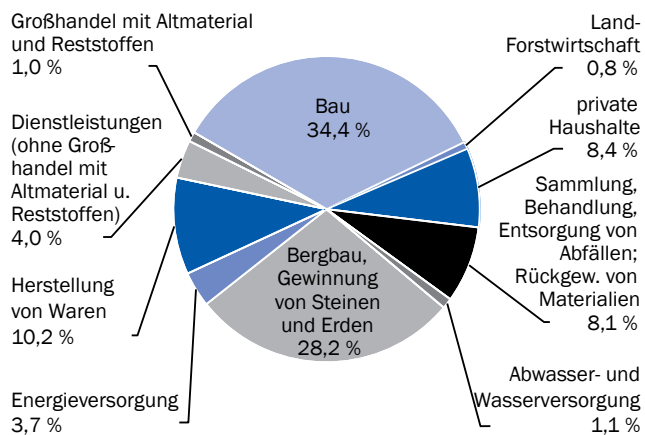


Abb. 2.2: Prozentuale Aufteilung der Abfälle aus wirtschaftlichen Tätigkeiten und von Haushalten - EU-28, 2014 (Datengrundlage [2-5])

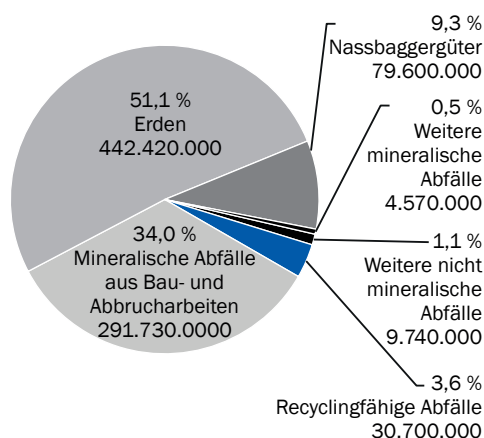


Abb. 2.3: Prozentuale Anteile und Masse der Abfälle in t im Bausektor - EU-28, 2014 (Datengrundlage [2-5])

Mit dem Bestreben nach internationaler und europäischer Harmonisierung wurden Normungsvorhaben auf den Weg gebracht, die von den Arbeitsgruppen des ISO / TC 59 / SC 17 und des CEN / TC 350 umgesetzt werden ([2-4], [2-6]). Spiegelausschuss des DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) ist der Arbeitsausschuss NA 005-01-31 AA Nachhaltiges Bauen. Die Arbeiten konzentrieren sich auf eine gemeinsame Basis zur Förderung nachhaltigen Bauens, die Bereitstellung geeigneter Indikatoren und Berechnungsgrundlagen, die Beschreibung von umwelt- und gesundheitsrelevanten Eigenschaften von Bauprodukten und die Bewertung und Darstellung der Umweltqualität von Gebäuden. Weitere Informationen bietet das Informationsportal des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) [2-4] sowie der Forschungsbericht AIF-FOSTA P1118 [2-7]. Abb. 2.4 zeigt eine Übersicht der aktuell gültigen Dokumente. Eine ausführliche Darstellung der methodischen Grundlagen zur Normung, der gesetzlichen Hintergründe sowie Kommentare zu DIN EN 15804 und DIN EN 15978 enthält Zinke et. al [2-3]. Die Grundlagen der ökologischen Bilanzierung mit ihren Phasen und Ebenen enthalten Fischer et. al [2-8], Stroetmann et. al [2-9] sowie Mensinger et. al [2-10].

Konzeptionelle Ebene	Anforderungen der Nutzer und des Gesetzgebers				
	Integrale Qualität von Gebäuden				
	Umweltbezogene Qualität	Soziale Qualität	Ökonomische Qualität	Technische Qualität	Funktionale Qualität
Ebene des Rahmendokuments	EN 15643-1 Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden Allgemeine Rahmenbedingungen			Technische Eigenschaften	Funktionalität
	EN 15643-2 Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität	EN 15643-3 Rahmenbedingungen für die Bewertung der sozialen Qualität	EN 15643-4 Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität	Planung der Lebensdauer- Allgemeine Grundlagen (ISO 15686-1)	
	EN 15643-5 Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden und Ingenieurbauwerken Leitfaden zu den Grundsätzen für und den Anforderungen an Ingenieurbauwerke				
Gebäudeebene	EN 15978 Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden	EN 16309 Bewertung der sozialen Qualität von Gebäuden	EN 16627 Bewertung der ökonomischen Qualität von Gebäuden	CEN Normen zur Energieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive, kurz EPBD)	
	CEN / TR 17005 Hintergrundinformationen zu möglichen, zusätzlichen Wirkungskategorien und Indikatoren für die Erfassung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden				
Produktebene	EN 15804 Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte	Anmerkung: Gegenwärtig sind die technischen Angaben, die sich auf einige Gesichtspunkte der sozialen und ökonomischen Qualität beziehen, in den Festlegungen von EN 15804 enthalten und bilden einen Teil der Umweltdeklaration für Produkte		Voraussage der Lebensdauer (ISO 15686-2)	
	CEN / TR 16970 Leitfaden für die Anwendung von EN 15804			Rückmeldung von Daten über die Nutzungsdauer aus der Praxis (ISO 15686-7)	
	EN 15942 Kommunikationsformate zwischen Unternehmen			Referenznutzungsdauer (ISO 15686-8)	
	CEN / TR 15941 Methoden für Auswahl und Verwendung von generischen Daten				
Arbeitsprogramm des CEN / TC 350 ist grau hinterlegt					

Abb. 2.4: Arbeitsprogramm des CEN/TC 350 (vgl. [2-6], [2-11])

2.3 Bewertungssysteme

2.3.1 Internationale Bewertungssysteme

Weltweit existieren verschiedene Bewertungssysteme für die Nachhaltigkeit von Gebäuden. Zu den bekanntesten zählen BREEAM aus Großbritannien, LEED aus den USA, DGNB und BNB aus Deutschland, CASBEE aus Japan, HQE aus Frankreich, Green Mark aus Singapur sowie Green Star aus Australien und Neuseeland. Einige der Systeme werden international genutzt und für verschiedene Länder angepasst. Das US-Amerikanische System LEED mit einer Anwendung in über 167 Ländern ist am weitesten verbreitet (Stand Juli 2016 [2-12]).

Alle Bewertungssysteme beurteilen die ökologische Qualität von Gebäuden. Die dabei berücksichtigten Kriterien und Bewertungsverfahren unterscheiden sich jedoch deutlich, nicht nur aufgrund verschiedener nationaler Gegebenheiten. Ebenso werden durch nahezu alle Systeme soziokulturelle Aspekte bei der Bewertung berücksichtigt. Einige, wie beispielsweise die Systeme BNB, DGNB oder Green Mark, enthalten auch ökonomische Kriterien, die bei der Planung und Errichtung neuer Gebäude zu berücksichtigen sind. Vergleiche der international führenden Bewertungssysteme wurden u. a. von Bernardi et. al [2-13], Jurleit [2-14], Ebert et. al [2-15] und Dirlich [2-16] durchgeführt.

2.3.2 Bewertungssysteme für den deutschen Markt

In Deutschland erfolgte 2007 die Gründung der „Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V.“ (DGNB). In einer zweijährigen Kooperation der Gesellschaft mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) wurde ein Kriterienkatalog zur

ganzheitlichen Beurteilung der Nachhaltigkeit von Gebäuden entwickelt. Das erstellte Bewertungssystem ermöglichte zunächst eine Zertifizierung von neu errichteten Büro- und Verwaltungsgebäuden und basiert auf dem sogenannten Performanceansatz. Dieser verhindert, dass lediglich Einzelmaßnahmen bewertet werden. Stattdessen wird die Gesamtpformance eines Gebäudes beurteilt. Das steigende Interesse und die nutzungsspezifischen Anforderungen verschiedener Gebäudetypen führten zur Weiterentwicklung der bestehenden Systeme und die Erarbeitung neuer Bewertungskataloge. Die DGNB konzentrierte sich mit ihrem System [2-17] fortan auf die Bewertung von Gebäuden des privatwirtschaftlichen Sektors. Aufgrund der Vielfalt der Gebäudetypen und der damit verbundenen Anforderungen im privatwirtschaftlichen Bereich erfolgte durch die DGNB in den vergangenen Jahren die Erarbeitung unterschiedlicher Bewertungskataloge für den Neubau, den Bestand und verschiedene Nutzungen von Gebäuden. Dabei wird nach den Nutzungsarten Büro, Wohnen, Hotel, Handel, Gewerbe, Bildungs- und Gesundheitswesen differenziert. Ebenso wurde eine Bewertung mischgenutzter Gebäude erarbeitet.

Für öffentliche Gebäude wurde durch den Bund das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) [2-18] erarbeitet. Nach RBBau [2-19] besteht für Bundesbauten eine verpflichtende Anwendung des Leitfadens für Nachhaltiges Bauen [2-20] bzw. des Leitfadens für Nachhaltige Unterrichtsgebäude [2-21]. Das Bewertungssystem kann kostenfrei und ohne weitere Zustimmung für Studienzwecke und die private Einschätzung der Gebäudenachhaltigkeit verwendet werden. Eine Zertifizierung von Gebäuden unter Berufung auf das BNB darf nur mit Genehmigung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BUMB) erfolgen [2-22].

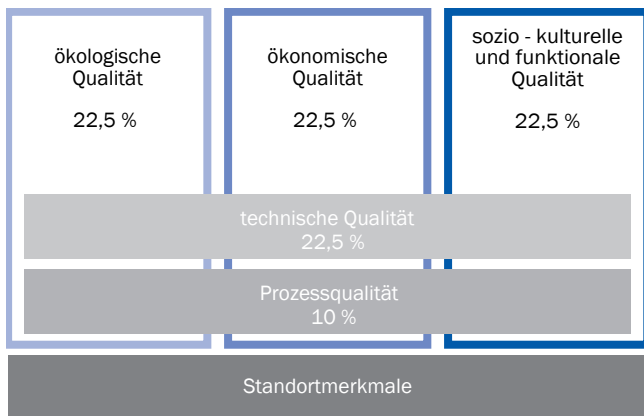


Abb. 2.5a: Dimensionen der Nachhaltigkeitsbewertung mit Querschnittsqualitäten nach aktueller Version des BNB [2-18] und DGNB-System bis Version 2015.

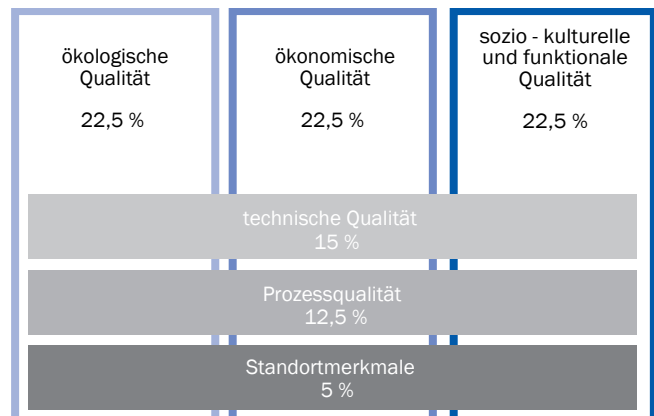


Abb. 2.5b: Dimensionen der Nachhaltigkeitsbewertung mit Querschnittsqualitäten nach DGNB-System für Neubauten Version 2018 [2-17].

In früheren Versionen basierte die Bewertung der Zertifizierungssysteme BNB und DGNB aufgrund der gemeinsamen Wurzeln auf einer identischen Grundstruktur. Diese wird durch das BNB auch in neueren Versionen angewendet. Wie in Abb. 2.5a dargestellt, erfolgt eine gleichwertige Berücksichtigung der drei Hauptdimensionen der Nachhaltigkeit, der ökologischen, ökonomischen sowie der soziokulturellen und funktionalen Qualität, mit je 22,5 % am Gesamterfüllungsgrad. Weiterhin werden die technische Qualität und die Prozessqualität bewertet, die als Querschnittsqualitäten die drei Hauptdimensionen beeinflussen. Die Standortmerkmale eines Gebäudes fließen nicht in das Bewertungsergebnis ein, da häufig kein Einfluss auf die Gegebenheiten genommen werden kann. Die Merkmale werden daher als zusätzliche Information ausgewiesen (vgl. [2-18]). Diese Grundstruktur wurde auch im DGNB-System für Neubauten bis zur Version 2015 angewendet.

Mit der Einführung der aktuellen Version 2018 des DGNB-Kriterienkataloges für Neubauten erfolgt eine Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens. Das neue System ist als „Global Benchmark for Sustainability“ noch stärker auf eine internationale Anwendung ausgerichtet. Die Bewertung erfolgt weiterhin nach den drei Haupt- und Querschnittsdimensionen. Fortan wird jeweils die Standortqualität mit einer Wichtung von 5 % im Gesamterfüllungsgrad berücksichtigt (vgl. Abb. 2.5b).

Deutschland gilt seit langer Zeit als eines der führenden Länder im Klimaschutz. Durch die frühe Einführung von Richtlinien und Verordnungen wurde das Bewusstsein für eine effiziente Ressourcennutzung gefördert. Diese Vorreiterrolle spiegelt sich auch in den heutigen Bewertungssystemen zur Förderung des nachhaltigen Bauens wider. Vor allem die gleichwertige Berücksichtigung der drei Hauptdimensionen der Nachhaltigkeit unterscheidet die in Deutschland entwickelten Systeme von ihren internationalen Pendanten. Sie werden daher häufig als Systeme der zweiten Generation bezeichnet.

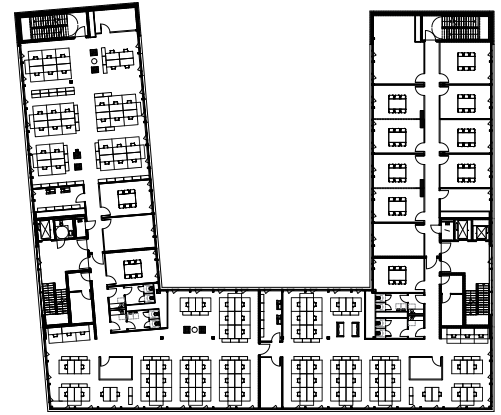
City Gate Nord

GOLDBECK Nord GmbH/Harald Kiefer | Hannover [D] | 2018
Bürogebäude mit Einzelhandel und Gastronomie

Das mehrgeschossige Gebäude bietet Raum für verschiedene Nutzungsarten – flexible Büroräume in den Obergeschossen; Einzelhandel und Gastronomie im Erdgeschoss. Die Außenfassade wurde in Anlehnung an die norddeutsche Backsteinarchitektur mit einer Klinkerfassade gestaltet. Für die Erfüllung von hohen Nachhaltigkeitsstandards wurde das Gebäude mit dem DGNB-Zertifikat in Gold bei einem Gesamterfüllungsgrad von 70 % ausgezeichnet.

Abb. 2.6: Ansicht des City Gate Nord in Hannover

Foto: GOLDBECK GmbH



Grundriss Regelgeschoss



Indikatoren	Prozentsätze nach BNB $\sum = 22,5 \%$	Bedeutungsfaktor nach BNB	Prozentsatz nach DGNB $\sum = 100 \%$
Treibhauspotenzial (GWP)	3,75 %	3	40 %
Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	1,25 %	1	0 %
Ozonbildungspotenzial (POCP)	1,25 %	1	10 %
Versauerungspotenzial (AP)	1,25 %	1	10 %
Überdüngungspotenzial (EP)	1,25 %	1	10 %
Primärenergiebedarf (PE)	$\sum PE_{max}: 3,75 \%$	3	$\sum PE: 30 \%$
nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf (PE _{ne})	2,25 %		15 %
Gesamtprimärenergiebedarf (PE _{ges})	1,50 %		10 %
Anteil der erneuerbaren Primärenergie	0,75 %		5 %

Tab. 2.1: Kriterien zur Beurteilung der ökologischen Qualität und Bedeutungsfaktoren nach BNB_BN 2015 [2-18] sowie prozentuale Wichtung der Indikatoren im DGNB-System [2-17]

2.4 Ökologische Qualität

Die Bewertung der ökologischen Qualität nach den Systemen BNB und DGNB erfolgt anhand von Einzelkriterien. Dazu zählen unter anderem Treibhauspotentiale, eine nachhaltige Materialgewinnung sowie die Risiken für die lokale Umwelt. Jedes der Einzelkriterien enthält ein oder mehrere quantitative oder qualitative Indikatoren anhand derer eine Punktvergabe vorgenommen wird. Bei der Ökobilanzierung werden die in Tab. 2.1 dargestellten quantitativen Indikatoren berechnet und mit vordefinierten Grund-, Referenz- und Zielwerten verglichen, sodass eine Punktvergabe erfolgen kann. Entsprechend der Umweltwirkung werden die Indikatorenpunkte mit Bedeutungsfaktoren (BNB) oder Prozentsätzen (DGNB-System) gewichtet.

Die Berechnung der Ökobilanzindikatoren erfolgt pro m² Nettogrundfläche (NGFa) pro Lebenszyklusjahr des Gebäudes für die Herstellungs-, Errichtungs-, Nutzungs- und Rückbauphase. Die einzelnen Lebenszyklusmodule wer-

den durch die DIN EN 15804 definiert und sind in Abb. 2.7 dargestellt. Die Lebenszyklusdauer von Gebäuden wird in den Systemen mit 50 Jahren definiert. Die Gutschriften und Belastungen außerhalb des Lebenszyklus können, sofern hierzu Informationen vorliegen, ebenfalls berücksichtigt werden.

Die Referenz-, Ziel- und Grenzwerte der ökologischen Indikatoren liegen nur für Gebäude und nicht für einzelne Bausysteme vor. Zu Vergleichszwecken und zur Optimierung von Bausystemen und Bauweisen ist es daher notwendig, Ziel- und Grenzwerte zu den relevanten Lösungen zu bestimmen, anhand derer die Güte der jeweils vorliegenden Lösung eingeordnet werden kann. Analog zum BNB kann anschließend der ökologische Erfüllungsgrad bestimmt werden.

Das prinzipielle Vorgehen im Rahmen des Forschungsvorhabens P1118 ist in Abb. 2.8 dargestellt. Anhand der ermittelten Baustoffmassen und EPD-Daten erfolgt die Berechnung der Umweltauswirkungen und der Res-

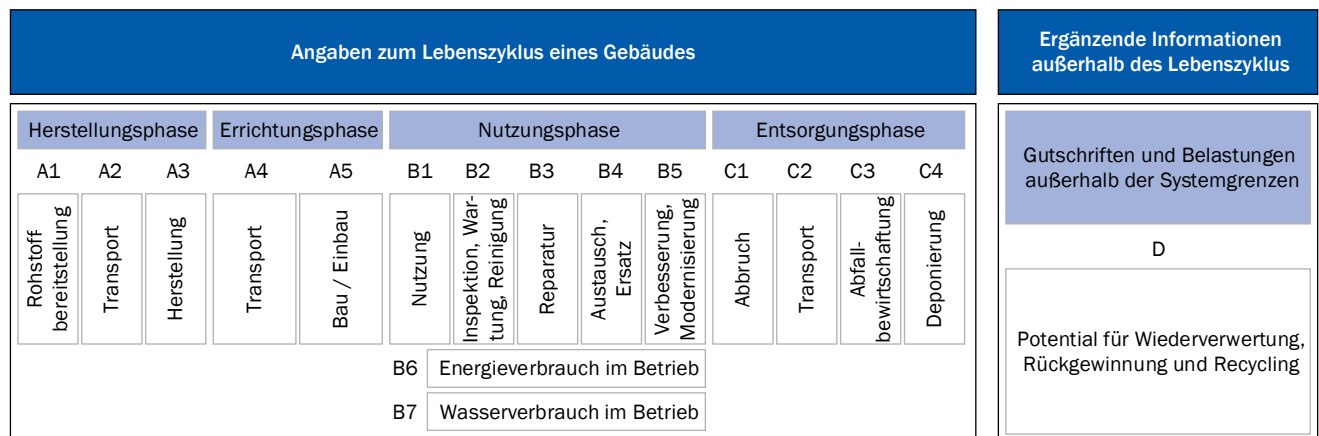


Abb. 2.7: Lebenszyklusphasen eines Gebäudes nach DIN EN 15804 [2-23]

Bauprodukt	PE _{ges} [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ -Äqv./kg]	Bilanzierte Module	Quelle
Beton C20/25	0,285	0,074	A1 - A5, B1 - B5, C1 - C3, D	[2 - 41]
Beton C30/37	0,349	0,091	A1 - A5, B1 - B5, C1 - C3, D	[2 - 42]
Bewehrung	12,73	0,750	A1 - A3	[2 - 40]
Profilstahl	11,52	0,776	A1 - A3, D	[2 - 39]
Profilblech*	18,77	1,014	A1 - A3, C4, D	[2 - 43]
Spannbetonhohldielen	1,296	0,155	A1 - A3, C4, D	[2 - 44]

* Durchschnittswerte

Tab. 2.2: Ausgewählte ökologische Indikatoren für verschiedene Bauprodukte

Lebenszyklusphasen	Herstellungs- und Bauphase	Nutzungsphase	Entsorgungsphase	Gutschriften und Belastungen
Umweltwirkungen	Massenermittlung	Berechnung der Umweltwirkungen (UWG) auf Basis von EPDs und der Ökobaudat (UWG = GWP, ODP, POCP, AP, EP, PE _{ne} , PE _{ges})		
Wirkungsabschätzung	Zielwert = UWG _{min} = 10 Punkte		Grenzwert = 2,7 · UWG _{min} = 1 Punkt	
	Vergabe von Punkten für die Ökobilanzkriterien der betrachteten Systeme			
Interpretation	Berechnung der Gesamtpunkte eines Gebäudes oder Bauteils $UWG_{ges} = 2 \cdot PE_{ne} + PE_{ges} + 3 \cdot GWP + ODP + POCP + AP + EP$			
Bewertung	Berechnung des prozentualen ökologischen Erfüllungsgrades $\text{Ökologischer Erfüllungsgrad} = 1 / UWG_{ges,max} \cdot UWG_{ges}$			

Abb. 2.8: Ökobilanzierung von Tragwerken im Forschungsprojekt P1118 [2-7]

sourceninanspruchnahme über alle Lebenszyklusphasen einschließlich der Gutschriften und Belastungen im Modul D. Innerhalb des Vergleichs verschiedener Bauteile oder Bausysteme wird der jeweils geringste Wert eines Indikators als zu erreichender Zielwert mit 100 Punkten bewertet. Der Grenzwert wird in Anlehnung an die im System BNB verwendete Spreizung mit dem 2,7-fachen des Zielwertes definiert und mit 10 Punkten berücksichtigt. Die Punktzahl des jeweils vorliegenden Bauteils oder Bausystems wird für jeden Indikator zwischen dem Grenzwert und dem Zielwert interpoliert. Die Gesamtpunktzahl ergibt sich aus der Summe der Punkte für die jeweiligen Indikatoren und deren Bedeutungsfaktoren nach dem BNB. Abschließend erfolgt die Umrechnung in einen prozentualen Erfüllungsgrad. Dabei wird der höchsten Gesamtpunktzahl der Erfüllungsgrad 100 % zugeordnet.

Die Umweltindikatoren für Baustoffe und Bauprodukte werden unter anderem in Umweltproduktdeklarationen (EPDs) ausgewiesen. Das Bundesministerium des Innern,

für Bau und Heimat (BMI) stellt durch die ÖKOBAUDAT [2-40] eine EPD-Datenbank für die Ökobilanzierung von Bauwerken zur Verfügung, die bei der Gebäudebewertung angewendet werden kann. Die Datenbank bietet sowohl generische als auch hersteller- und verbandsspezifische Datensätze für Baumaterialien, Energieträger, Bau-, Transport und End-of-Life-Prozesse. Der DGNB-Navigator [2-24], die IBU-Datenbank [2-25] und die ECO Plattform [2-26] enthalten weitere firmen- und verbandsspezifische EPDs.

Für Beton, Profil- und Bewehrungsstahl sowie Spannbetonhohldielen und Profilbleche sind in Tab. 2.2 der Gesamtprimärenergiebedarf (PE_{ges}) sowie das Treibhauspotenzial (GWP) für 1 kg des jeweiligen Baustoffes bzw. Produktes nach den zugrunde liegenden EPDs aufgelistet. Weiterhin sind die dabei bilanzierten Lebenszyklusmodule angegeben.

2.5 Ökonomische Qualität

2.5.1 Allgemeiner Bewertungsansatz nach BNB und DGNB-System

Im Internationalen Vergleich sind die Bewertungssysteme von BNB und DGNB-System die einzigen Systeme, die eine weitreichende Bewertung der ökonomischen Qualität ermöglichen. Dabei werden nicht nur die Herstellungs- und Betriebskosten sowie Kosten für die Instandhaltung berücksichtigt. Darüber hinaus erfolgt eine Beurteilung der langfristigen Rentabilität eines Gebäudes. Während die Systeme in ihren ersten Versionen noch nahezu einheitliche Bewertungskriterien aufwiesen, wurden bei der Weiterentwicklung zum Teil voneinander abweichende Einzel- und Teilkriterien eingeführt.

Bei beiden Systemen erfolgt die Bewertung in zwei Kategoriengruppen. Die Lebenszykluskosten sind die jeweils erste Gruppe. Ihr Anteil an der ökonomischen Qualität beträgt 50 % (BNB) bzw. 44,5 % (DGNB-System). Eine Erläuterung der Einzelkriterien und Anforderungsniveaus für verschiedene Gebäudetypen erfolgt im Abschnitt 2.5.2.

In der zweiten Kategoriengruppe des BNB werden die „Wirtschaftlichkeit und Wertstabilität“ beurteilt. Hauptkriterien bilden die „Flächeneffizienz“ und „Anpassungsfähigkeit“ des Gebäudes für spätere Nutzeranforderungen. Im DGNB-System wird die Flächeneffizienz als ein Teilkriterium innerhalb der Kriteriums „Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit“ in der Kategoriengruppe „Wertentwicklung“ berücksichtigt. Das Kriterium weist ähnliche Teilkriterien wie die „Anpassungsfähigkeit“ nach BNB auf. Details zu den Teilkriterien der beiden Systeme sowie den Anforderungen für verschiedene Gebäudetypen werden im Abschnitt 2.5.3 erläutert.

2.5.2 Bewertung der gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus

Die gebäudebezogenen Kosten im Lebenszyklus umfassen ausgewählte Herstellungs- und Nutzungskosten. Die Herstellungskosten werden auf Grundlage der DIN 276-1:2008-12 für die Kostengruppen Baukonstruktion (KG 300) und technische Anlagen (KG 400) ermittelt. Das BNB berücksichtigt darüber hinaus teilweise Kosten konstruktiver und technischer Anlagen im Außenbereich sowie von Pflanz- und Saatflächen (KG 500). Die ausgewählten Nutzkosten werden auf Basis von DIN 18960 bestimmt.

Die Kostenermittlung erfolgt in Abhängigkeit des Gebäudetyps für einen Bezugszeitraum nach der Barwertmethode. Dabei werden die Kosten, die innerhalb des Lebenszyklus entstehen, auf das Zertifizierungsjahr kapitalisiert. Somit können anfängliche Aufwendungen und spätere Folgekosten oder Einsparungen verglichen werden.

Der Betrachtungszeitraum für Bewertung und Zertifizierung nach BNB und DGNB umfasst die ersten 50 Jahre im Lebenszyklus des Gebäudes. Die Rückbau- und Verwertungskosten haben bei der Anwendung der Kapitalwertmethode einen sehr geringen Einfluss, sie werden daher nicht berücksichtigt [2-17], [2-27]. Ebenso bleiben Grundstücks-, Planungs- und Kapitalkosten sowie Steuern und Versicherungen unberücksichtigt.

Die Ermittlung der Punktzahl der Lebenszykluskosten ergibt sich anhand des ermittelten Barwertes bezogen auf die Bruttogrundfläche (BGFa) des Gebäudes. Das Anforderungsniveau unterscheidet sich in Abhängigkeit des Gebäudetyps und des zugrunde liegenden Referenzquartals des Baupreisindex (vgl. Abb. 6.3). Das System

Teilkriterien	DGNB-System 2018				Geschäftshaus
	Büro + Verw.-Geb. Neubau	Büro	Hotel	Wohnen	
Flächeneffizienz oberirdisch	Ideal $\geq 0,75$ Min. $< 0,48$	Ideal $\geq 0,75$ Min. $\leq 0,48$	Ideal $\geq 0,70$ Min. $\leq 0,43$	Ideal $\geq 0,80$ Min. $\leq 0,60$	Ideal $\geq 0,70$ Min. $\leq 0,50$
Rohbauhöhe ¹⁾	Ideal $\geq 3,0$ m Min. $\geq 2,5$ m	Min. $\geq 3,0$ m	Min. $\geq 2,50$ m (Zimmer) Min. $\geq 3,25$ m (Allgemeinbereiche)	Ideal $\geq 2,75$ m Min. $\geq 2,50$ m	-
Gebäudetiefe	Ideal $\leq 11,5$ m Min. $\geq 20,0$ m	$\leq 11,5$ m \leq Ideal $\leq 16,5$ m		$\leq 11,5$ m \leq Ideal $\leq 13,5$ m Ideal: verändert. Gebäudetiefe Min.: einheitl. Gebäudetiefe	-
Vertikale Erschließung	Ideal: BGF ^{Etage} /N ^{Erschließungskerne} ≤ 400 m ² Min.: BGF ^{Etage} /N ^{Erschließungskerne} ≤ 1.200 m ²				-
Grundriss (Mehrfachnennung möglich)	- Jede NE ≤ 400 m ² BGF - Jede NE verfügt über Rettungswege, nicht durch andere NE laufen - Jede NE liegt an einem Sanitärschacht	- Sanitärreinheiten ohne Anschlüsse für NE ≤ 400 m ² vorhanden	-	- Nutzungsneutrale Räume in jeder Wohnung (z. B. 3 x 3 m, idealerweise 4 x 4 m) - Tragende und nichttragende Wände lassen Ausparungen der Grundstruktur je nach Anfrage zu	-
Konstruktion (Mehrfachnennung möglich)	- nichttragende Innenwände zu 30 bis 80 % - Trennwände können an Fassadenachse des Grundrasters ohne Eingriffe in die Fassadenkonstruktion eingesetzt werden - Die Anschlüsse leichter Trennwände greifen nicht in Fußbodenaufbau, Decke oder die Abhangdecke ein - Die zulässigen Nutzlasten sind ≥ 5 kN/m ² auf min. 50 % der BGF	- Vermeiden tragender Innenwände soweit möglich - Trennwände können an jeder Fassadenachse des Grundrasters ohne Eingriffe in die Fassadenkonstruktion eingesetzt werden - Nutzlastreserven für Umnutzungen sind in der statischen Berechnung berücksichtigt und vorhanden - Trennwände können wieder verwendet werden	- Vermeiden tragender Innenwände soweit möglich - Trennwände können an jeder Fassadenachse des Grundrasters ohne Eingriffe in die Fassadenkonstruktion eingesetzt werden - Nutzlastreserven für Umnutzungen sind in der statischen Berechnung berücksichtigt und vorhanden - Flexible Trennwände in Konferenz- und Gastronomiebereiche wird ermöglicht	- Vermeiden tragender Innenwände soweit möglich - Schachtnordnung lässt eine flexible, innenliegende Planung von Sanitär- und Küchenanschlüssen zu	- Nutzlastreserven für vielfältige Umnutzungen sind in der statischen Berechnung berücksichtigt und vorhanden. Oder: Das statische System lässt nachträgliche Änderungen in tragenden Decken- bzw. Wandbereichen zu - Aufstellflächen für Mieterinstallations (z. B. Kühlaggregate) mit entsprechender Nutzlast- / Flächenreserven sind vorhanden - Es besteht Erweiterungspotenzial zur Anlieferung. Logistikkonzept mit Darstellung der Reserven liegt vor - Eine Trennung und Umgestaltung von Mieteinheiten kann ohne großen baulichen Aufwand (wie z. B. Änderungen der Fassadengestaltung) erfolgen. Die hier vorgesehenen konstruktiven Lösungen sind in der Planung berücksichtigt
TGA (Mehrfachnennung möglich)	- 8 Anforderungen: u.a.: Klima-, Energie- und Wasserkonzept erlauben eine kleinteilige Nutzung (NE ≤ 400 m ²) Schächte, Kanäle und TGA-Zentrale mit $> 30\%$ Reserven; perpektivische regenerative Energien; offener BUS-Standard vorhanden	- 4 Anforderungen: Verteilung und Anschlüsse können an Änderungen der Raumsituation angepasst werden, dies betrifft: Lüftung / Klimatisierung, Kühlung, Heizung, Wasser, Abwasser	-	- 4 Anforderungen: Verteilung und Anschlüsse können an Änderungen der Raumsituation angepasst werden, dies betrifft: Lüftung / Klimatisierung, Kühlung, Heizung, Wasser, Abwasser	3 Qualitätsstufen: - Definierte Übergabepunkte für jede Mieteinheit vorhanden - Definierte Übergabepunkte + Reserven im Verteilungsnetz - Definierte Übergabepunkte + Reserven im Erzeugungs- und Verteilungsnetz

¹⁾ nach BNB mit lichter Raumhöhe im Ausbaustand – Oberkante Fertigfußboden bis Unterkante der Fertigdecke nach DGNB-System mit licher Rohbauhöhe – Oberkante Rohfußboden bis Unterkante Rohdecke

Tab. 2.3: Anforderungen des BNB und DGNB-Systems für ausgewählte Nutzungsarten für anpassungsfähige Gebäude [2-40], [2-41]

Angebotssumme (netto)	Selbstkosten	Herstellungskosten	Realisierungskosten (Summe der Einzelkosten der Teilleistungen)	Lohnkosten
				Sonstige Kosten (inkl. Stoffkosten)
				Gerätekosten
				Fremdleistungen
			Baustellengemeinkosten	Baustelleinrichtungskosten
				Kosten der Bauleitung
	Kosten für Miete, Energie, Versicherungen, usw.			
	Allgemeine Geschäftskosten (AGK)			
	Wagnis und Gewinn			

Tab. 2-4: Zusammensetzung der Netto-Angebotssumme (vgl. [2-28])

DGNB ermöglicht für Bürogebäude eine Unterscheidung in zwei Kategorien. Dabei darf ein Gebäude erhöhte Lebenszykluskosten aufweisen, wenn bestimmte Anforderungen erfüllt werden. Diese können beispielsweise eine gehobene technische Ausstattung oder eine A-Lage mit besonders repräsentativem und hochfrequentiertem Umfeld darstellen. Die Einstufung muss detailliert begründet und prüffähig nachgewiesen werden.

2.5.3 Bewertung der Anpassungs- und Umnutzungsfähigkeit

Zur Verringerung der Baukosten müssen zukünftige Bauwerke eine hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit für veränderliche Nutzeranforderungen aufweisen. Entsprechende Anforderungen für Neubauten werden durch das System BNB und DGNB in den Kriterien Flächeneffizienz und Anpassungsfähigkeit bzw. Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit definiert. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Anforderungen für Büro- und Verwaltungsgebäude nach BNB sowie Büro-, Wohn-, Hotel und Geschäftsgebäude nach dem System DGNB enthält Tab. 2.3.

Weitere Kriterien neben der Flächeneffizienz bilden die Raumhöhe, Gebäudetiefe, konstruktive Anpassungsfähigkeit durch nicht tragende Innenwände, vertikale Erschließung sowie die Grundriss- und TGA-Aufteilung für eine kleinteilige Nutzung. Die dabei bestehenden Anforderungen unterscheiden sich für verschiedene Nutzungsarten. Des Weiteren werden nicht alle Kriterien für jede Nutzungsart relevant (vgl. Tab. 2.3). Aufbauend auf den Kriterien des BNB und DGNB-Systems werden im Kapitel 3 weitere nutzungsspezifische Anforderungen vorgestellt, die bei der Objektplanung multifunktionaler Gebäude zu berücksichtigen sind.

2.5.4 Bewertung der Ökonomie mit Hilfe der Realisierungskosten

Tab. 2.4 zeigt die Zusammensetzung einer Angebotssumme für Bauleistungen. Die Realisierungskosten entsprechen der Summe der Einzelkosten der Teilleistungen. Die Addition der Baustellengemeinkosten führt zu den Herstellungskosten. Durch Hinzuziehen der Allgemeinen Geschäftskosten ergeben sich die Selbstkosten. Der Zuschlag für Wagnis und Gewinn führt schließlich zur Angebotssumme.

Unter den durch die Objektplanung geschaffenen Randbedingungen für eine flächeneffiziente und flexible Nutzung sowie der Annahme, dass die Nutzungskosten weitestgehend unabhängig von den Rohbaukonstruktionen sind, kann die Optimierung und der Vergleich von Baukonstruktionen in einer vereinfachten Betrachtung über die Realisierungskosten erfolgen. Preise für Baumaterialien, Aufwandswerte für die Bauproduktion und Löhne sind regionalen, zeitlichen und konjunkturellen Schwankungen unterlegen. In den Projekten P881 und P1118 erfolgte zur Bestimmung von Realisierungskosten eine Zusammenstellung von Preisen und Arbeitsprozessen (Einzelkosten der Teilleistungen) anhand von Recherchen und Erfahrungswerten von Unternehmen für die Bauproduktion aus dem deutschsprachigen Raum. Die Ergebnisse der Parameterstudien wurden prozentual zum jeweiligen Höchstwert (100 %) angegeben. Das entspricht einem relativen Vergleich, der den Einfluss dieser Schwankungen auf die Aussagefähigkeit der Ergebnisse weitestgehend ausblendet. Dies gilt, solange die Relationen der Aufwendungen bei den verglichenen Systemen erhalten bleiben.

2.5.5 Bewertung der Ökonomie im Lebenszyklus

Die in Abschnitt 2.5.1 vorgestellte Methodik zur Bewertung der Ökonomie eines Gebäudes berücksichtigt die Anpassungsfähigkeit und Wertstabilität anhand vorgegebener Teilkriterien, z. B. der Nutzlast, der Möglichkeit

zur kleinteiligen Nutzung und Ähnliches. Zur umfassenden Bewertung der Variabilität aus Investorensicht war es notwendig, ein modifiziertes Berechnungsmodell zu entwickeln und anzuwenden. Dieses wird ausführlich im Kapitel 6 beschrieben.

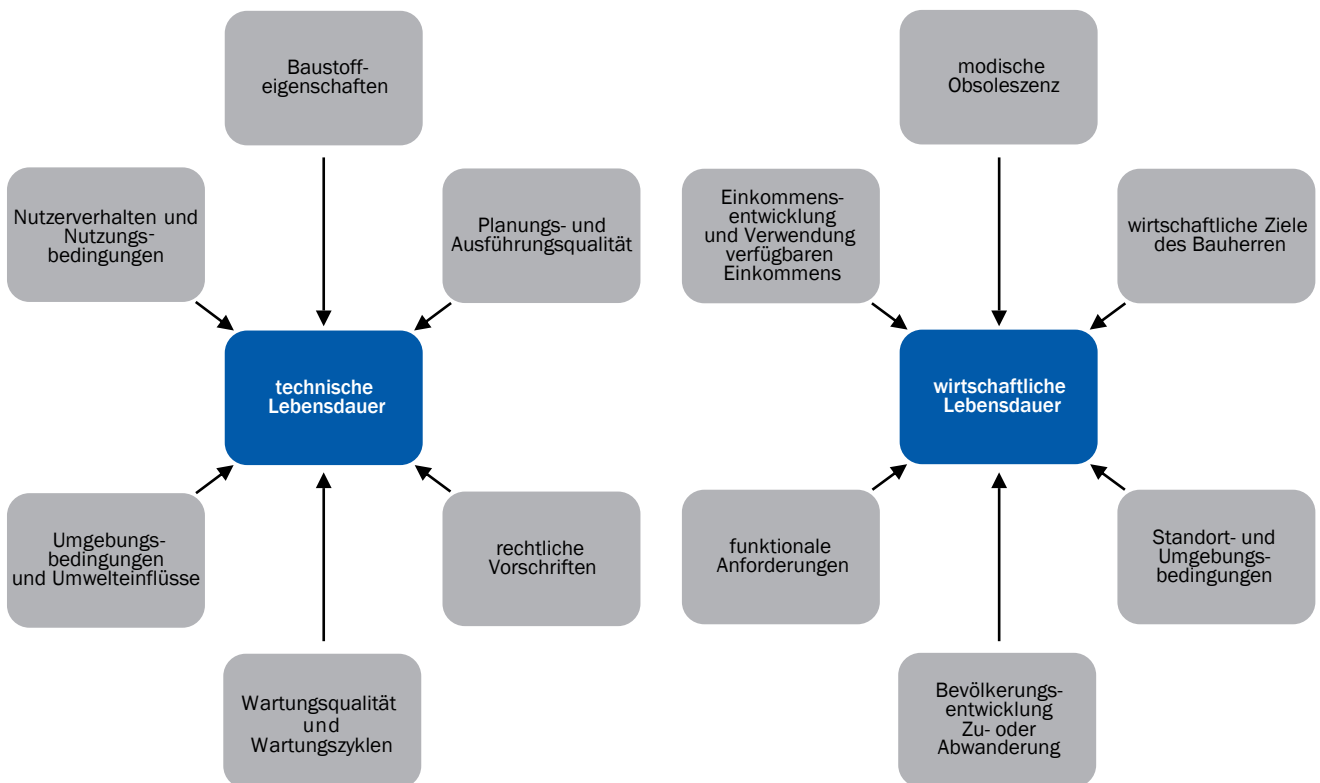


Abb. 2.9: Einflüsse auf die technische und wirtschaftliche Lebensdauer von Bausystemen und Gebäuden ([2-29], [2-32], [2-33])

2.6 Lebensdauer von Gebäudekomponenten

2.6.1 Definitionen und Einflüsse der Lebensdauer

Im Sinne der nachhaltigen Nutzung von Ressourcen und Abfallvermeidung besteht das Ziel, Gebäude und deren Komponenten bis zum Ende der technischen Lebensdauer zu nutzen. Dies bedeutet, solange die geforderten Eigenschaften ohne Einschränkungen erfüllt oder durch Reparatur bzw. Sanierung wiederhergestellt werden können, sollte kein Abriss oder Austausch erfolgen. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist anzustreben, dass die tatsächliche Lebensdauer durch die technische Lebensdauer begrenzt wird (vgl. [2-29], [2-30]).

Beeinflusst wird die technische Lebensdauer durch materielle und immaterielle Faktoren (vgl. Abb. 2.9). Zu den materiellen Faktoren zählen unter anderem bauteilqualitative und wartungstechnische Eigenschaften, die sich wiederum aus dem Baujahr, den verwendeten Materialien sowie der Planungs- und Ausführungsqualität ergeben. Ebenso wirken sich Instandhaltungszyklen und -qualität aus. Ferner ist die gegenseitige Beeinflussung verschiedener Komponenten zu berücksichtigen. So können kurzlebige Bauteile die Lebensdauer langlebiger Bauteile negativ beeinflussen. Weitere materielle Faktoren bilden die Umgebungs- und Nutzungsbedingungen. Immaterielle Faktoren stellen beispielsweise die Veränderung baurechtlicher oder ökologischer Anforderungen dar. Dies bedeutet, auch wenn aus technischer Sicht eine weitere Funktionserfüllung gegeben ist, so wird aus rechtlicher Sicht eine Erneuerung des Bauteils notwendig.

Häufig erfolgt ein Abriss von Gebäuden oder Austausch von Gebäudekomponenten bereits vor dem Erreichen der technischen Lebensdauer aufgrund wirtschaftlicher Faktoren. Die wirtschaftliche Lebensdauer ist erreicht,

wenn die Kosten zur Instandhaltung bzw. Instandsetzung die Erträge übersteigen oder eine Erneuerung zu höheren Erträgen führt. Beeinflusst wird dies beispielsweise durch Veränderungen der Umgebungsbedingungen, der funktionalen oder ästhetischen Nutzeranforderungen sowie den wirtschaftlichen Zielen eines Bauherren (vgl. Abb. 2.9). In einigen Fällen kann die tatsächliche Lebensdauer die wirtschaftliche Lebensdauer überschreiten. Dies tritt beispielsweise aufgrund von Denkmalschutzaufgaben, wirtschaftlicher Fehlplanungen, fehlenden Alternativen oder vertraglichen Verpflichtungen, wie Kündigungsschutz, ein [2-29], [2-31].

2.6.2 Lebensdauer von Gebäudekomponenten

Bei den Bewertungssystemen DGNB und BNB ist für die Lebensdauer von Gebäuden ein Zeitraum von 50 Jahren zugrunde gelegt. Erreichen Bauteile eine kürzere Lebensdauer, müssen sie innerhalb des Lebenszyklus ein- oder mehrfach erneuert werden. Die ökologischen Aufwendungen sind entsprechend zu vervielfachen. Die Ersatzfaktoren für Bauteile sind einer durch das BBSR erarbeiteten Tabelle zusammengefasst [2-33]. Für Komponenten der Haustechnik gilt die Nutzungsdauer nach VDI 2067. Entsprechende Hinweise enthalten auch die Datensätze der ÖKOBAUDAT [2-40].

Den Angaben des BBSR liegen verschiedene Studien zugrunde (u. a. [2-34]–[2-37]). Die Ergebnisse der Untersuchungen basieren auf statistischen Auswertungen bestehender Konstruktionen. Angegeben wird für die Lebensdauer eine Spanne von minimaler und maximaler Dauer. Die Quellen weisen z. T. große Unterschiede in ihrer Bewertung auf. Zudem liegen für viele relevante Bauteile und Bauprodukte noch keine ausreichenden Erfahrungswerte vor. Durch Ritter [2-30], [2-38] erfolgte

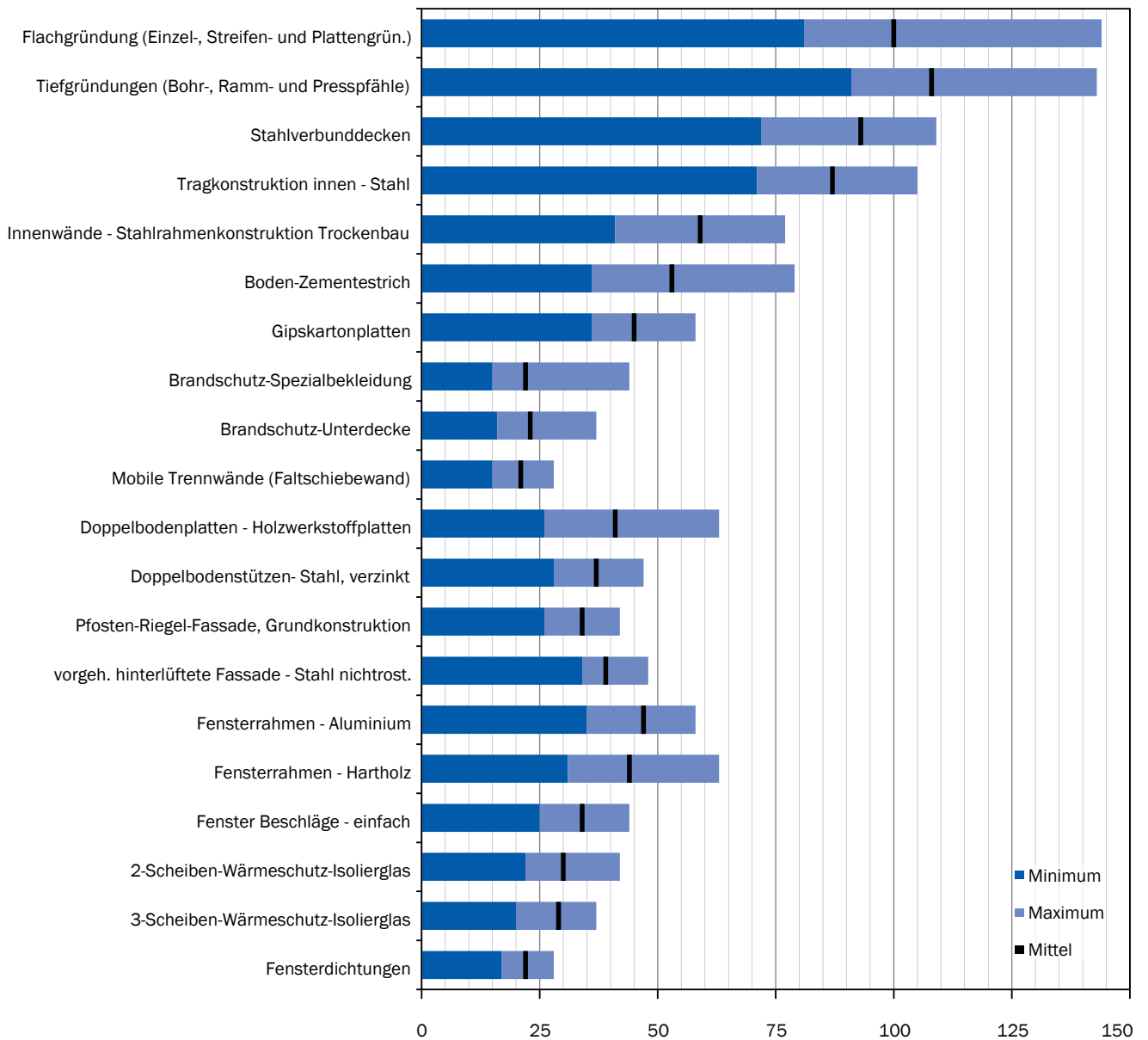


Abb. 2.10: Lebensdauer von Gebäudekomponenten nach [2-38]

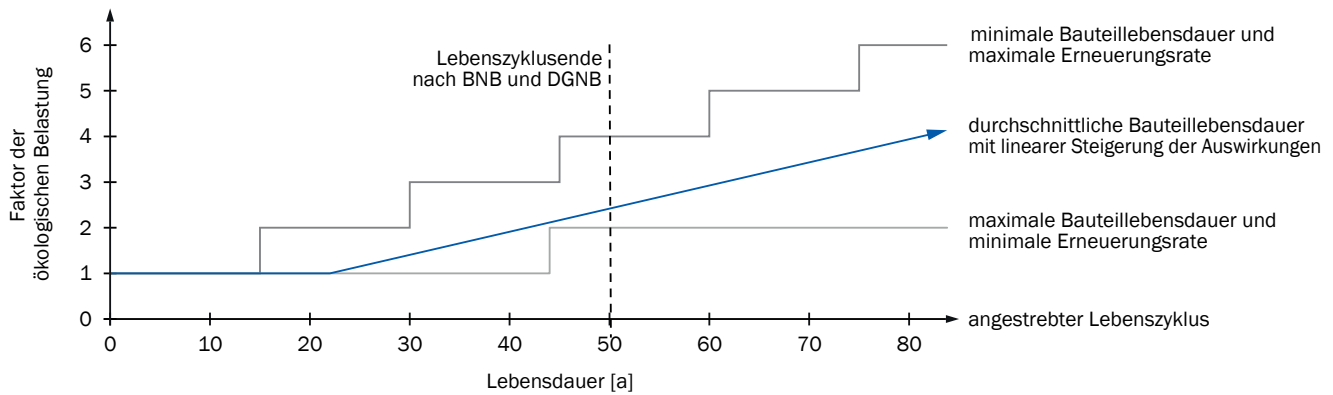


Abb. 2.11: Ansatz zur Erhöhung der ökologischen Auswirkungen von Bauteilen, die innerhalb des Gebäudelebenszyklus auszutauschen sind.

die Berechnung von Lebensdauern auf der Grundlage vorliegender Daten und probabilistischer Methoden, mit denen Materialeinflüsse erfasst werden. Damit wird die Vorhersage der Lebensdauer in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen ermöglicht.

Abb. 2.10 zeigt die technische Lebensdauer ausgewählter Bauteile. Es ist zu erkennen, dass vor allem bei Bauteilen des Primärtragwerkes (Gründung, Stützen, Decken) ein großer Zeitraum vorliegt. Im Mittel wird die jeweilige Lebensdauer mit 83 bis 100 Jahren bewertet. Gebäudekomponenten, wie Fassaden, Fenster und Deckenverkleidungen, haben mit 22 bis 58 Jahren eine wesentlich geringere mittlere Nutzungsdauer. Die Grafik verdeutlicht, dass die Lebensdauer von Gebäuden nicht durch die Dauerhaftigkeit der Tragkonstruktionen begrenzt wird. Vielmehr ist es die Notwendigkeit zur Modernisierung und Instandsetzung der Gebäude, um eine zeitgemäße Nutzung zu ermöglichen und die Vermarktungsfähigkeit der Immobilien aufrechtzuerhalten. Durch eine entsprechende Gestaltung des Tragwerks, mit der die relevanten Nutzungsformen möglich sind, kann die Lebensdauer eines Gebäudes verlängert und die Erneuerung auf sekundäre Bauteile beschränkt bleiben.

Im Forschungsvorhaben P1118 wurden für sekundäre Gebäudebestandteile, wie Fassadenelemente und der konstruktive Brandschutz, die Durchschnittswerte des BKI [2-38] angewendet.

Überschreitet die Lebensdauer des Gebäudes die Lebensdauer einzelner Komponenten, so werden die ökologischen Indikatoren der Phasen A1-A5, C1-C4 und D mit dem Verhältnisfaktor der Komponenten- zur Gesamtlebensdauer multipliziert. Im Unterschied zum Verfahren nach BNB wird dieser Faktor nicht auf ganzzahlige Werte gerundet (vgl. [2-18]). Damit wird eine sprunghafte Anhebung der Ökobilanzwerte vermieden und eine Glättung der Ergebnisse erreicht (Abb. 2.11).

2.6.3 Berücksichtigung der Lebensdauer im Forschungsprojekt

Die Lebensdauer von Gebäudebestandteilen ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Zudem liegt es in der Entscheidung der Eigentümer, Bauteile nach dem Überschreiten der angenommenen Lebensdauer weiter zu nutzen oder diese Bauteile vorzeitig zu ersetzen. So werden z. B. eine Erneuerung wesentlicher Gebäudeelemente, wie Fenster, Fassaden und die Gebäudetechnik, innerhalb der letzten zehn Jahre einer Gebäudenutzung vermieden.

Literaturverzeichnis

- [2-1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. 1. Auflage, Berlin, Nov. 2016.
- [2-2] Umweltbundesamt Sachgebiet I 2.2: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung - Diskussionsbeitrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau, Apr. 2016.
- [2-3] Zinke T., Ummenhofer T., Hauke B., Siebers R.: Nachhaltigkeit und Normung. In Stahlbau Kalender 2016, Hrsg. Kuhlmann U., Wilhelm Ernst & Sohn, 2016.
- [2-4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMVBS): Informationsportal Nachhaltiges Bauen. <http://www.nachhaltigesbauen.de/>, letzter Zugriff: 3. Mai. 2018.
- [2-5] Europäische Kommission: Datenbank zum Abfallaufkommen (env_wasgen). <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/waste/database>, letzter Zugriff: 26. Apr. 2018.
- [2-6] AFNOR Normalisation: CEN TC 350 „sustainability of construction works“. http://portailgroupe.afnor.fr/public_espacenormalisation/CENTC350/index.html, letzter Zugriff: 3. Mai. 2018.
- [2-7] Stroetmann R., Eisele J., Otto J., Hüttig L., Trautmann B., Harzdorf A., Weller C.: Einflüsse der Stahl- und Verbundbauweise auf die Lebenszykluskosten und Vermarktungsfähigkeit multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2020.
- [2-8] Fischer M., Albrecht S., Ilg R., Held M., Jäger M., Leistner P.: Grundlagen der ökologischen Bilanzierung. In Stahlbau Kalender 2016, Hrsg. Kuhlmann U., Wilhelm Ernst & Sohn, 2016.
- [2-9] Stroetmann R., Faßl T., Hüttig L.: Nachhaltige Geschossbauten in Stahl- und Verbundbauweise. In Stahlbau Kalender 2016, Hrsg. Kuhlmann U., 18. Jahrgang. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2016. S. 571–665.
- [2-10] Mensinger M., Stroetmann R., Eisele J., Feldmann M., Pyschny D., Lang F., Trautmann B., Zink K. J., Baudach T., Fischer K., Lingnau V., Kokot K., Möller H., Huang L., Ritter F., Podgorski C., Scheller J., Faßl T.: Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2016.
- [2-11] DIN EN 15978: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode. Okt. 2012.
- [2-12] USGBC Statistics | U.S. Green Building Council. <http://www.usgbc.org/articles/usgbc-statistics>, letzter Zugriff: 4. Mai. 2018.
- [2-13] Bernardi E., Carlucci S., Cornaro C., Bohne R. A.: An Analysis of the Most Adopted Rating Systems for Assessing the Environmental Impact of Buildings. In Sustainability 9, Juli. 2017. S. 1226.
- [2-14] Jurleit A.: Think Global Certify Local, HafenCity Universität Hamburg, (2013).
- [2-15] Ebert T., Eßig N., Hauser G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude: Nachhaltigkeit bewerten, Internationaler Systemvergleich, Zertifizierung und Ökonomie. 1. Aufl., Institut für internationale Architektur-Dokumentation, München, 2010.
- [2-16] Dirlich S.: A Comparison of Assessment and Certification Schemes for Sustainable Building and Suggestions for an International Standard System. In THE IMRE Journal Volume 5, 2011.
- [2-17] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V. (Hrsg.): DGNB System - Kriterienkatalog Gebäude Neubau. 2. Auflage, 2018.

- [2-18] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI): Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/>, letzter Zugriff: 8. Mai. 2018.
- [2-19] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BUMB): Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes (RBBau), Stand 18. April 2016.
- [2-20] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Leitfaden Nachhaltiges Bauen - Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. 2. aktualisierte Auflage, Berlin, Feb. 2016.
- [2-21] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BUMB): Nachhaltige Unterrichtsgebäude - Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen, Berlin, Jan. 2014.
- [2-22] Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über die Nutzung und die Anerkennung von Bewertungssystemen für das nachhaltige Bauen vom 23. Juni 2015.
- [2-23] DIN EN 15804: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Juli. 2014.
- [2-24] DGNB GmbH: DGNB Navigator. <http://www.dgnb-navigator.de/>, letzter Zugriff: 10. Mai. 2018.
- [2-25] Institut Bauen und Umwelt e.V.: Veröffentlichte EPDs | Institut Bauen und Umwelt e.V. <https://ibu-epd.com/veroeffentlichte-epds/>, letzter Zugriff: 10. Mai 2018
- [2-26] Home - Eco Platform en. <http://www.eco-platform.org/>, Home - Eco Platform en, letzter Zugriff: 10. Mai 2018
- [2-27] Zimmermann K.: Anwendung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen und des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) in den Bundesbauverwaltungen - Zusatzmodul Lebenszyklusanalysen nach BNB „Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus (LCC)“. Öko-Zentrum NRW GmbH, Feb. 2012.
- [2-28] Schach R., Otto J.: Baustelleneinrichtung. 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2017.
- [2-29] Kurzrock B.-M.: Lebenszyklus von Immobilien. In Immobilienwirtschaftslehre - Management, Hrsg. Rottke N. B., Thomas M., Springer Gabler, Wiesbaden, 2017. S. 421–446.
- [2-30] Ritter F.: Dissertation zur Lebensdauer von Bauteilen und Bauelementen - Modellierung und praxisnahe Prognose, FB Bauingenieurwesen und Geodäsie der TU Darmstadt, (2011).
- [2-31] Stoy C.: Benchmarks und Einflussfaktoren der Baunutzungskosten. Zürich: vdf Hochschulverl., 2005.
- [2-32] Kalusche W.: Technische Lebensdauer von Bauteilen und wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes. Festschrift zum 60. Geburtstag von Professor Dr. Hansruedi Schalcher, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, 2004.
- [2-33] Bundesinstitut für Bau, Stadt und Raumforschung: BBSR-Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB“. Feb. 2017.
- [2-34] Bahr C., Lennerts K.: Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen. Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR), 2010.
- [2-35] Lebensdauer von bauteilen und Bauteilschichten. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Berlin, 2006.
- [2-36] Asam C., Dorn S., Hänel M., Mann B.: Nutzungsdauerangaben von ausgewählten Bauteilen und Bauteilschichten des Hochbaus für den Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“. Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin, Berlin, Sep. 2007.

- [2-37] Agethen U., Frahm K.-J., Renz K., Thees E. P.: Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte. Bund Technischer Experten e.V., 2005.
- [2-38] Ritter F., Kalusche W., Kalusche J.: BKI Baukosten 2016 Neubau - Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2016.
- [2-44] DW Systembau GmbH: Spannbeton-Fertigteildecken. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-DWS-20140158-IAA1-DE, gültig bis: 15.02.2020. Institut Bauen und Umwelt e.V., Schneverdingen, Gladbeck, Feb. 2015.

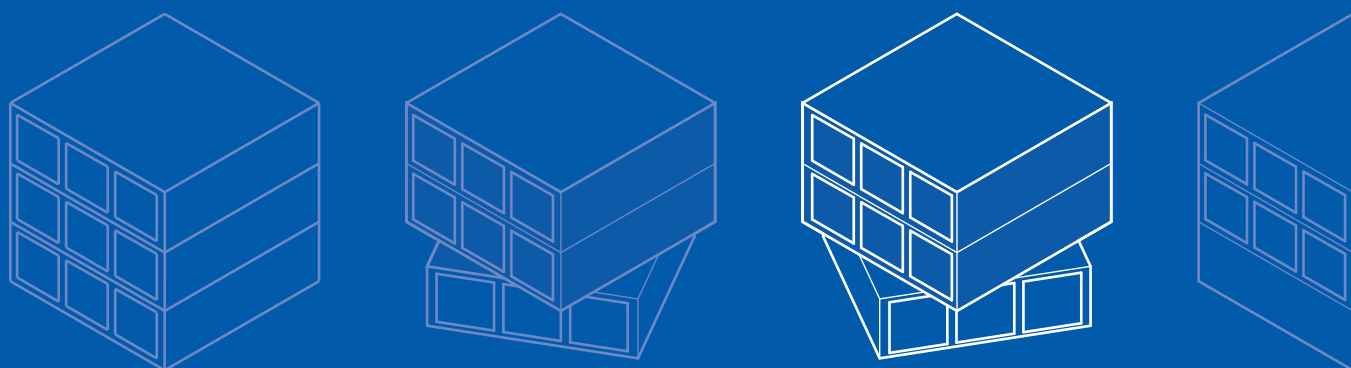
Umweltbilanzdaten

- [2-39] bauforumstahl e.V.: Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-BFS-20130094-IBG1-DE, gültig bis: 24.10.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Gladbeck, Okt. 2013.
- [2-40] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Ökobaodat - Informationsportal nachhaltiges Bauen. <http://www.oekobaodat.de/>, letzter Zugriff: 18. Mai. 2016.
- [2-41] InformationsZentrum Beton GmbH: Beton der Druckfestigkeitsklasse C 20/25. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013411-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [2-42] InformationsZentrum Beton GmbH: Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30/37. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IZB-2013431-D, gültig bis: 25.07.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Erkrath, Juli. 2013.
- [2-43] IFBS: Profiltafeln aus Stahl für Dach-, Wand- und Deckenkonstruktionen. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IFBS-2013211-D, gültig bis: 13.01.2018. Institut Bauen und Umwelt e.V., Düsseldorf, Jan. 2013.



3 Objektplanung

Relevante Gebäudeparameter zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit



Zielsetzung	3.1
Mischnutzung	3.2
Baurecht	3.3
Nutzungsart	3.4
Gebäudeparameter	3.5
Planungsparameter	3.6
Anpassungsfähigkeit	3.7



Relevante Gebäudeparameter zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit

Benjamin Trautmann | Johann Eisele

Die Planung von Büro- und Geschäftshäusern ist ein langwieriger, iterativer Entwurfsprozess, in den verschiedenste Akteure und Fachplaner eingebunden sind. Als Planer ist auf die Vorgaben von Investoren und Nutzer gleichermaßen einzugehen, die im Einklang mit dem Baurecht und der Funktionalität bei gleichzeitiger Einhaltung des vorgegebenen Kostenrahmens zu erfüllen sind.

Büro- und Geschäftshäuser für bereits vorgesehene Nachnutzungen bzw. für mehrere Nutzungsarten zu entwickeln, erhöht durch die Hinzunahme weiterer, häufig abweichender Anforderungen die Komplexität des Entwurfsprozesses. Die Relevanz der Anforderung, die die verschiedenen Nutzungsarten definieren, ist im Planungsprozess möglichst frühzeitig und stets ins Verhältnis mit dem konstruktiven, ökonomischen und ökologischen Aufwand zu setzen. Denn je später im Bauprozess Maßnahmen vorgenommen werden, desto stärker wirken sich diese aus.

Das Kapitel „Objektplanung“ beschreibt relevante Gebäudeparameter – von der Konstruktion über die Gebäudehülle bis hin zum Ausbau – die auf die Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäusern Einfluss nehmen. Werden bereits in der Entwurfsphase konstruktive, funktionale und bautechnische Grundvoraussetzungen für eine anpassungsfähige Gebäudestruktur erfüllt, können Büro- und Geschäftshäuser ohne größeren Eingriff in eine alternative Nutzung überführt werden. Dies steigert die Langlebigkeit von Gebäuden, da sich mit einer anpassungsfähigen Gebäudestruktur auf zukünftige, heute noch unbekannte Anforderungen reagieren lässt.

Abb. 3.1: „Diakonie Bethanien“ Mischgenutztes Gebäude mit den Nutzungen KiTa, Büro, Hotel und Palliative Care
E2A Piet und Wim Eckert / Architekten ETH BSA
SIA AG | Zürich [CH] | 2017
Foto: Rasmus Norlander



BUCKHUSER

3.1 Zielsetzung

Veränderungsprozesse sind eine verlässliche Konstante im Spiegelbild unserer Gesellschaft. Von Heraklit von Ephesos, vorsokratischer Philosoph, der um 500 v. Chr. wirkte, ist die Aussage „Die einzige Konstante im Universum ist die Veränderung“ übermittle, die als zutreffendes Zitat über die notwendige Anpassungsfähigkeit des Menschen geeignet ist. Mit steten Veränderungsprozessen umzugehen erfordert Strategien der Alltagsbewältigung und ein großes Maß an Flexibilität. Auch die Architektur muss sich dieser Herausforderung stellen. Der Architekt bzw. viel mehr Konstrukteur und vor allem Visionär Buckminster R. Fuller forderte für die Planung von Räumen: „A room should not be fixed, should not create a static mood, but should lend itself to change so that its occupants may play upon it as they would up-on a piano“ [3-1]. Diese Forderung nach freier Bespielbarkeit der Räume kann als Interpretation verstanden werden, Gebäude mit der Fähigkeit zu entwickeln, auf veränderte Anforderungen reagieren zu können.

Die Umnutzung und damit die Erhaltung bestehender Bausubstanz ist ein Vorgang, der kontinuierlich in der Baugeschichte stattgefunden hat. Gebäude, für eine bestimmte Funktion erstellt, mussten den im Laufe der Geschichte veränderten Bedingungen angepasst werden. Dieser Wandel vollzog sich früher fast unmerklich. Die Geschwindigkeit der technischen Entwicklung hat sich jedoch rasant beschleunigt, so dass die Anpassungen an neue Funktionen und Anforderungen immer anspruchsvoller und kurzfristiger werden. Gelingt dies nicht oder nur mit erheblichem konstruktivem und finanziellem Aufwand, droht nach einer ersten Nutzungsphase der Leerstand bis hin zum Abbruch. Abriss, Entsorgung und Neubau sind Verhaltensweisen der Moderne, aus einer Zeit und Gesellschaft, die sich

das leisten zu können glaubt. In der heutigen Situation sinkender Bevölkerungszahlen in der Bundesrepublik und der zwingenden Vorgabe ressourcensparender und umweltbewusster Bau- (und Verhaltens-)Weisen muss hingegen davon ausgegangen werden, dass „bereits alles gebaut ist“. Das Vorhandene jedoch nicht genutzt kann und muss an neue Entwicklungen angepasst werden [3-2]. Diese Forderungen decken sich mit den nachdrücklich formulierten Zielen der Stadterneuerung und des Stadtumbaus der Bundesregierung, die sich mit dem Umbau und der Umnutzung von Gebäuden erreichen lassen. „Die Erneuerung der Stadt spannt einen großen Bogen von der technischen Anpassung von Gebäuden über die Schaffung von Wohnungen mit neuzeitlichem Komfort [...], Umnutzungen von gewerblichen Gebäuden und Flächen bis hin zur Anlage neuer bzw. Erweiterung von Straßen und Plätzen“ [3-3].

Neben dem gesamten Planungsprozess müssen sich auch architektonisch relevante Themen wie Gestaltung, Konstruktion, Funktionalität, technische Ausrüstung, Ökonomie, Betrieb und Unterhalt im Bezug auf ihre Anpassungsfähigkeit hinterfragen lassen. Den dadurch erreichten Wertehalt des Gebäudes und eine langfristige Vermarktungsfähigkeit ist als wichtiger Beitrag zur Nachhaltigkeit anzusehen. Diesen über den gesamten Lebenszyklus aufrecht zu halten, ist eine große Herausforderung. Denn Anpassungsfähigkeit und Nachhaltigkeit stehen in einer engen Beziehung zueinander. Das verbindende Element ist die Angemessenheit [3-4] – vgl. Abb. 3.2. Solange ein Gebäude den Anforderungen der Nutzer gerecht werden kann, wird keine Veränderung am Gebäude notwendig. Treten Ereignisse ein, die sich mit der aktuellen Nutzung nicht mehr decken, muss mit Maßnahmen am Bauwerk reagiert werden. Ziel ist es, mit möglichst geringem Aufwand an Ressourcen notwendige Anpassungen

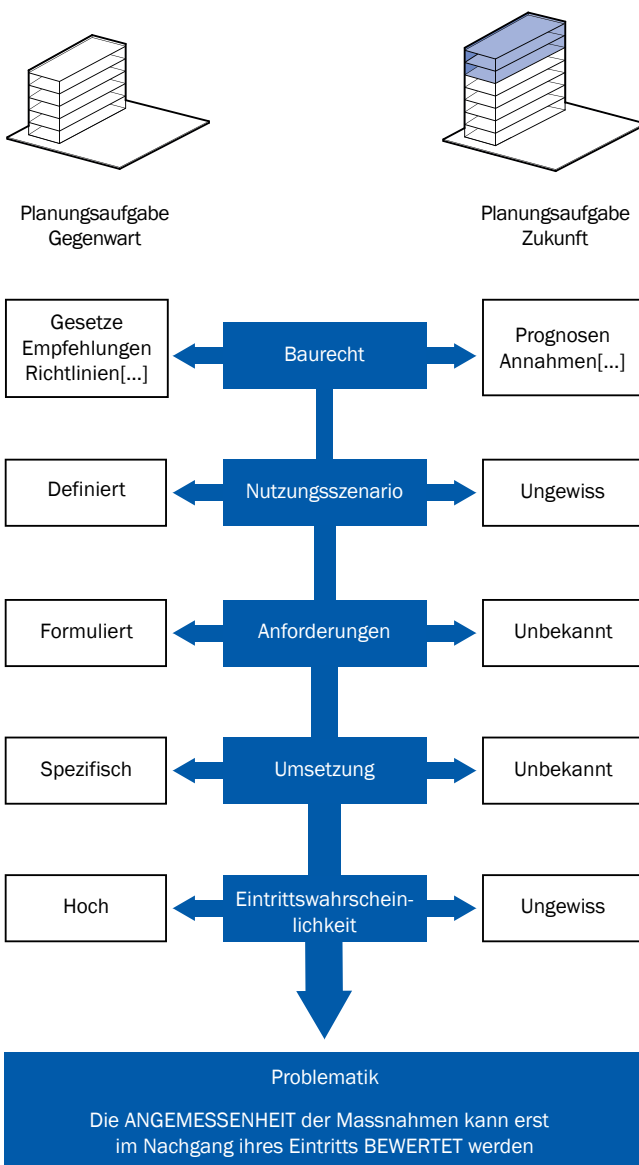


Abb. 3.2: Problematik bei der Bewertung der Angemessenheit von Maßnahmen für eine Anpassungsfähigkeit [3-4]

vorzunehmen. Das Maß der Anpassungsfähigkeit an wechselnde Nutzungs- und Nutzeranforderungen ist in Abhängigkeit mit der Eintrittswahrscheinlichkeit zu wählen. Machbarkeitsstudien und Prognosen für zukünftige Szenarien mit unbekanntem Anforderungen unterstützen diesen Entscheidungsprozess, können jedoch keine Garantien für eine langfristige Aufrechterhaltung der Vermarktungsfähigkeit geben.

Die Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäusern bedarf im Planungsprozess die vollumfängliche Auseinandersetzung mit den in Betracht gezogenen (Nach-)Nutzungsstrategien. Für gebäudestrukturelle Abweichungen der verschiedenen Nutzungsstrategien sind von einem interdisziplinären Planungsteam Lösungsansätze zu entwickeln, die geringe Einschränkungen in der Nutzung bewusst für geeignete Voraussetzungen eines effizienten Umnutzungsprozesses in Kauf nehmen. Der Fokus in der Planung liegt auf den Gebäudebauteilen mit einer langfristigen Nutzungsdauer, wie z. B. des Primärtragwerkes (vgl. Abb. 2.9), die sich in der Regel nur unter erheblichem ökonomischem oder ökologischem Aufwand anpassen lassen. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist für Umnutzungen von Büro- und Geschäftshäusern ein Rückbau zielführend, der sich auf die Ausbauebene und Versorgungsebene der TGA beschränkt. Hierfür sind in der Planungsphase der Gebäudegrundstruktur und des erweiterten Rohbaus Voraussetzungen zu schaffen, die nachfolgend dargestellt und bewertet werden. Die häufige Umnutzung bestehender Büro- und Geschäftshäuser in Wohnnutzungen wird bewusst um weitere, typisch städtische Nutzungsarten ergänzt, um die Erkenntnisse für die Anpassungsfähigkeit zu erweitern. Aus der Analyse mischgenutzter Gebäude, die verschiedene Nutzungsarten in einem Gebäude kombinieren, lässt sich ein erstes Anforderungsprofil für anpassungsfähige Gebäudestrukturen definieren.



Abb. 3.3: Typisches Straßenbild mit drei bis fünfgeschossigen Geschäftshäusern in den Städten zu Beginn des 20. Jahrhunderts.

Foto: <http://hdl.handle.net/10599/8903>

3.2 Mischnutzung

Als Mischnutzung werden Gebäude bezeichnet, in denen Räume für verschiedene Nutzungsarten untergebracht sind; unabhängig davon welchen Teil des Gebäudes die Nutzungsarten in Anspruch nehmen. Gerade in innerstädtischen Lagen findet der Wechsel meist vom Erd- zu den Obergeschossen statt; das Erdgeschoss mit Bezug zum Straßenraum und die Obergeschosse davon losgelöst, aber durch die zentrale Lage im Stadtraum attraktiv für den Nutzer. Viele Ausprägungen von Mischnutzungen werden kaum noch als solche wahrgenommen, weil sie im Stadtbild als selbstverständlich gelten, wie zum Beispiel der Bäcker im Erdgeschoss eines Wohnhauses. Das Mitarbeiterrestaurant oder Sportangebote in einem Bürogebäude sind als ergänzendes Angebot zum Büroalltag anzusehen und somit abweichend zur Mischnutzung als Funktionsmischung zu bezeichnen.

In der Stadt- und Quartiersplanung wird die Mischnutzung immer häufiger als Mittel eingesetzt, die monofunktional genutzten Stadtquartiere der 60er bis 70er-Jahre mit einer erhöhten Diversität zu beleben. Der seinerzeit praktizierte städtebauliche Ansatz einer Funktionstrennung haben Quartiere zu bestimmten Tageszeiten veröden und somit an Attraktivität verlieren lassen. Auch auf Investorensseite werden immer häufiger mischgenutzte Projekte gefordert. Gerade im Hochhausbau minimieren unterschiedliche Nutzergruppen das Vermarktungsrisiko und schaffen – gerade wenn eine Wohnnutzung mit einbezogen wird – einen lebendigen Lebensraum im Umfeld des Gebäudes. Eine der wichtigen Absichten der Stadtentwicklung ist es, Wohnhochhäuser mit Mischnutzung in Zonen des Stadtzentrums zu errichten und dadurch zu vermeiden, dass die Wohnfunktion des Stadtzentrums nicht wegen der sich immer mehr verdichtenden Gewerbenutzung komplett verdrängt wird [3-5].

3.2.1 Historische Entwicklung

Als typische Form der Mischnutzung versteht sich das Geschäftshaus, das nicht einem einzigen Zweck dient. In der Regel befindet sich in der unteren Ebene eine Gewerbeeinheit, dessen Räumlichkeiten sich mitunter bis ins erste Obergeschoß erstrecken. Ergänzend befinden sich im Obergeschoß vermietbare Flächen für Büros, Kanzleien, Praxen oder alternative Geschäftsräume. Eine zentrale oder verkehrlich gut angebundene Geschäftslage erfüllt die Standortbedingung und sorgt für eine hohe Vermarktungsfähigkeit. Sind anstelle der gewerblichen Mieteinheiten in den Obergeschossen Wohnungen angeordnet, wird die Kombination als Wohn- und Geschäftshaus bezeichnet.

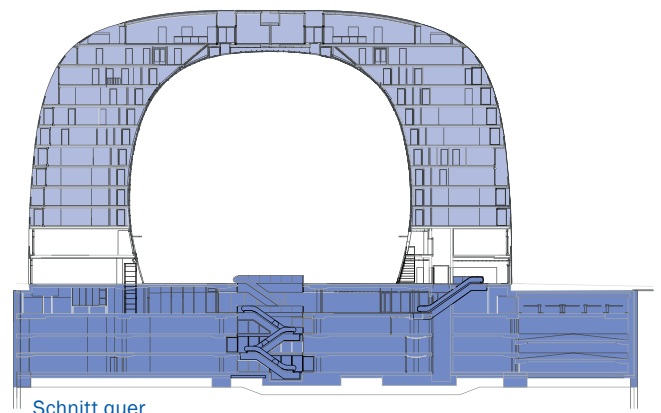
Die Anordnung von Wohn- und Arbeitswelt unter einem gemeinsamen Dach steht für eine städtische wie ländliche Nutzungskombination, den die vorindustrielle Gesellschaft kennzeichnet. In den Städten beherbergte das Erdgeschoss einen Verkaufsladen während in den Obergeschossen neben Lagerräumen die Wohnräume der Ladeninhaber untergebracht waren [3-6], [3-7]. Im Zusammenhang mit kleinerem, produzierendem Gewerbe oder Handwerksbetrieben wurde häufig der Hof für die Nutzungskombinationen einbezogen. Das Vorderhaus beinhaltete die Geschäftsräume für die Verwaltung sowie Wohnräume in den Obergeschossen, während im Hinterhof die meist eingeschossigen Werkstätten oder Produktionsstätten vorzufinden waren.

Im Zuge der Industrialisierung entwickelte sich in den Städten eine dichte Gebäudestruktur als Blockrandbebauung mit meist dreigeschossigen Wohn- und Geschäftshäusern, wie sie noch heute teilweise in den Gründerzeitvierteln vorzufinden sind. Die ebenerdigen Verkaufsläden stellten die notwendige Nahversorgung der



Abb. 3.4: Markthalle mit Wohnnutzung im den Marktplatz überspannenden Rahmen | MVRDV | Rotterdam [NL] | 2014

Foto: ©Daria Scagliola/Stijn Brakkee | Plan: MVRDV



Schnitt quer

Stadtquartiere sicher. Der weitere Urbanisierungsprozess ab Mitte bis Ende des 19. Jahrhunderts verursachte eine Welle von Abrissen und Neubauten, Aufstockungen, Um- und Ausbauten der ursprünglichen Wohn- und Geschäftshäuser. Als Reaktion auf den Wohnraumbedarf entstanden meist fünf- bis sechsgeschossige Gebäude, wie sie für die Strukturen vieler europäischer Städte noch heute ein Merkmal sind. In den Obergeschossen wohnten dann neben den Ladenbesitzern auch Personen, die für den zur Verfügung gestellten Wohnraum Miete zahlten. Das Wohn- und Geschäftshaus entwickelte sich so von der ursprünglich eigengenutzten Immobilie zu einem Renditeobjekt.

Die tiefgreifende und dauerhafte Umgestaltung der sozialen und gesellschaftlichen Verhältnisse führte in den Städten zu Beginn des 20. Jahrhunderts zu einer Zuspitzung sozialer Missstände. War es ursprünglich eines der Grundprinzipien der europäischen Stadt, dass Wohnen und Arbeiten oder unterschiedliche soziale Schichten eine enge räumliche Beziehung zueinander hatten und in Symbiose miteinander standen, so änderte sich das Bild unserer Städte im Zuge der Hochphase der Industrialisierung [3-8]. Das Gewerbe mit seinen entstehenden industriellen Produktionsstätten zog wie stadtfüchtige Bewohner aus den Städten in die Vororte, wo unter räumlich optimierten Bedingungen produziert bzw. gelebt wurde. Straßenbahnen und der Beginn des Individualverkehrs erlaubte die räumliche und funktionale Entzerrung von Wohnen und Arbeiten, die später mit der Massenmotorisierung ab den 1950er Jahren zunächst eine Suburbanisierung des Wohnens und schließlich auch der Dienstleistungen und des Einzelhandels mit riesigen Einkaufszentren auf grünen Wiesen vor den Städten bewirkte. Im Zusammenhang von industriellen Produktionsweisen durch die maschinelle Erzeugung von Gütern spezialisierten sich im Laufe der Industrialisierung

auch Bauunternehmen, Banken und Bauherren beziehungsweise ihre Ansprüche an städtische Bebauungen. Es entstanden entmischte Funktionstypen wie das reine Wohn-, das reine Geschäfts- bzw. das Warenhaus.

Die teilweise unerträglichen Lebensbedingungen in den stark verschmutzten und überbevölkerten Zentren erforderten die Auflösung des klassischen Urbanismus. Es wurden neue, nach verwaltungs- und versorgungstechnischen Prinzipien entstandene Gliederungen vorgenommen. Aus diesen Stadtkonzeptionen entwickelte sich unter anderem aus England kommend die Gartenstadt-bewegung, die den Ansatz verfolgte, die Großstadt in kleinere Einheiten aufzulösen und als Basis der Siedlungsgliederung Nachbarschaften zu planen [3-9]. Doch erst mit der Verabschiedung der Charta von Athen auf dem Kongress der CIAM (Congrès Internationaux d'Architecture Moderne) zum Thema „Die funktionale Stadt“ im Jahre 1933 wurde ein städtebauliches Manifest formuliert, das als Meilenstein der modernen Stadtplanung und -entwicklung gilt. In ihm beriefen sich bedeutende Stadtplaner und Architekten auf ihre Untersuchungen der städtischen Lebensumstände und legten die Aufgaben einer modernen Stadtentwicklung neu fest [3-10]. Es beinhaltete für eine geordnete Stadtentwicklung die grundsätzliche Trennung der städtischen Nutzungsflächen nach den Daseinsgrundfunktionen Wohnen, Arbeiten, Erholen und Verkehr. Hierbei griffen sie aktuelle Tendenzen der Stadtentwicklung auf und negierten die traditionell gewachsene, durchmischte Stadt. Die starke Zerstörung von Stadtteilen vieler deutscher und europäischer Großstädte im Zweiten Weltkrieg, förderte die rasche Umsetzung der neuen städtebaulichen Ideale im Zuge des Wiederaufbaus. Die in der Charta von Athen geforderte Umsetzung großzügiger Freiflächen und der funktionalen Trennung der Quartiere mit einem starken Fokus auf die autogerechte Stadt flossen über Jahrzehnte

als anzustrebendes Ideal in die Flächennutzungspläne europäischer Städte ein. Kleinteilige mischgenutzte Nutzungseinheiten, wie das ursprüngliche Wohn- und Geschäftshaus der Gründerzeitviertel, wurden vielerorts als reine Wohnbauten umfunktioniert und teilweise vollständig aus dem Stadtbild verdrängt.

Um die beengte Wohnraumsituation in den Stadtzentren zu entlasten, entstanden im Zuge des Wirtschaftswunders Trabantenstädte als Wohnvororte. Diese zeichneten sich durch eine geringe Arbeitsplatzdichte sowie eine reduzierte Infrastruktur aus. So führte die Umsetzung der formulierten Ideale des CIAM-Kongresses einerseits zu stadträumlichen Verbesserungen jedoch auch zu erheblichen Verwerfungen im urbanen Stadtgefüge. Während die Stadtquartiere trotz schleichender Umwandlung von den ursprünglich durchmischten Strukturen in Wohnquartiere stadträumlich profitierten, verödeten die neu entstandenen Stadtteile am Abend und an den Wochenenden.

Die entwickelte Monofunktionalität von Gebäuden war und ist bis heute der Preis der Zeit der Hochindustrialisierung; des räumlichen Auseinanderdriftens von Fabrikarbeit, Handelsströmen, öffentlicher Verwaltung und den massenhaften Wohnbedürfnissen [3-11]. Mit der Einführung des Städtebauförderungsgesetzes in den 1970er Jahren sollte der Bedeutungsverlust von Stadt- und Nebenzentren in ihrer Funktion als soziale, wirtschaftliche, kulturelle und politische Mitte durch finanzielle Mittel des Bundes und Länder aufgefangen werden. Durch Vielfalt und Funktionsmischung sollten sie im Sinne der Nachhaltigkeit Orte der Begegnung und Identifikation bleiben, so dass Stadtleben zum Stadterlebnis wird.

Unterstützt durch die fortschreitende Deindustrialisierung Europas sehen aktuelle Konzeptionen in der Möglichkeit, monofunktional genutzte Flächen wie ehemalige Fabrik-

gelände oder städtische Güterbahnhöfe wieder für andere Nutzungen zu öffnen, einen gelungenen Beitrag zu lebendigen, durchmischten Stadtquartieren mit Kombinationen aus Wohnen mit Arbeiten oder Wohnen und Freizeit. In dicht bebauten Stadtbereichen werden großformatige Gebäudeformen wie Lebensmittelläden oder Sporthallen mit kleinteiligeren Strukturen wie dem Wohnen im Sinne der Nutzungsvielfalt und angesichts von Wohnraumangel, knappen Flächenressourcen und überlasteter Infrastruktur ergänzt – vgl. Projektbeispiel in Abb. 3.7. Anders als bei reinen Industrie-, Büro- oder Wohngebieten wird hier der öffentliche Raum ganztagig frequentiert. Dies verbessert das Sicherheitsgefühl der Nutzer, was wiederum zu einer höheren Attraktivität des Quartiers beiträgt. Zusätzlich bildet eine mischgenutzte städtebauliche Struktur die Grundlage für eine Stadt der kurzen Wege als einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung von Verkehr und damit von Umweltbelastungen. Nicht zuletzt bieten mischgenutzte Strukturen günstige Anpassungsmöglichkeiten an sich ändernde Rahmenbedingungen und sind somit langfristig stabil und attraktiv für Eigentümer, Nutzer und Investoren [3-8].

Mischgenutzte Immobilien sind eindeutig auf dem Vormarsch. Das aktuelle Projektentwicklungsgeschehen in den A-Städten (vgl. Abschnitt 6.2) weist fast die Hälfte der zwischen 2015 und 2021 fertiggestellten bzw. zur Fertigstellung vorgesehenen Gebäude mit Büronutzung mit mindestens einer weiteren Nutzung auf. Der Anteil der Nicht-Büroflächen an der Gesamtfläche steigt von 19 % bei Objekten aus dem Jahr 2015/16 auf 32 % bei Objekten, die für 2020/21 zur Fertigstellung vorgesehen sind. Mit Mischnutzungen lassen sich durch die Explosion der Wohnungsmieten und -preise heutzutage hohe Einnahmen generieren. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen ist absehbar, dass der Anteil an mischgenutzten Gebäuden am gesamten Gebäudebestand künf-

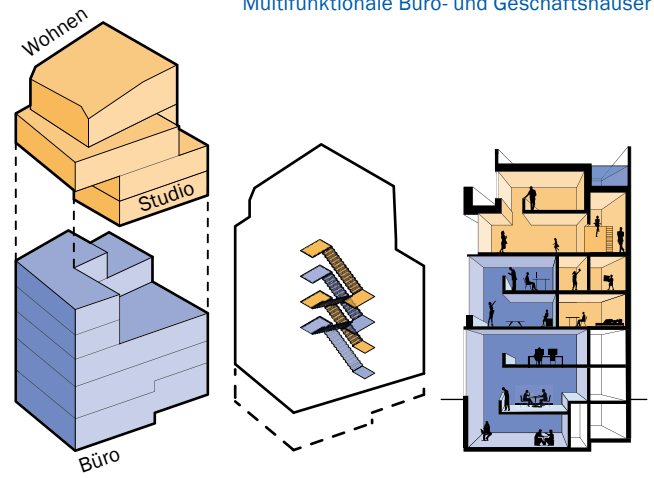
Wohn- und Geschäftshaus

Dominique Coulon & associés | Straßburg [F] | 2016
Wohn- und Büronutzung

Auch im kleinen Maßstab kehren Mischnutzungen als Wohn- und Geschäftshäuser in das Straßenbild von Wohnvierteln zurück und eröffnen das Privileg, an einem Ort wohnen und arbeiten zu können. Das Wohn- und Geschäftshaus im städtischen Kontext bereichert mit einer einsehbaren Unter- und Erdgeschosszone als Büro das nahe Umfeld, während die Räume der Wohneinheiten in den Obergeschossen angeordnet sind.

Abb. 3.5: Vertikale räumliche Trennung der Nutzungen Wohnen und Arbeiten, die im Fassadenbild nicht ablesbar ist.

Fotos: © Eugeni Pons | Grafik: © Dominique Coulon & associés



tig steigen wird [3-12]. „Mischnutzung ist kein Allheilmittel für eine Aufwertung städtischer Quartiere, sondern eine Einladung, sich an einem Denkprozess zu beteiligen. Sie sind ein Angebot, eine notwendige Bedingung oder eine Option zur Vielfalt. Sie ist eine Chance zur Verbesserung der Lebensqualität und des Wohlbefindens. Mischnutzung kann eine Voraussetzung für eine lebens- und liebenswerte Stadt sein. Sie ist für einen übergeordneten Anspruch die Grundlage für die Entwicklung und Stärkung der Stadtidentität [3-13].“

3.2.2 Anordnungsvarianten

Mischgenutzte Projekte lassen sich je nach Anordnung der Nutzungen in typische Varianten kategorisieren. Als häufig auftretendes Beispiel sind Gebäude in Innenstadtlagen aufzuzählen, wo sich eine Nutzungsveränderung zwischen Erd- und den Obergeschossen abbildet. Die Nutzung der Erdgeschosszone ist aus räumlich, funktionaler Sicht auf den vorhandenen Publikumsverkehr ausgelegt. In den oberen Geschossen sind Nutzungsarten wie das Wohnen, Büroflächen oder beispielsweise Arztpraxen untergebracht, die in der Regel keinen direkten Bezug zum Stadtraum auf Straßenniveau wünschen bzw. benötigen. Daneben lassen sich weitere Anordnungsvarianten in vier Kategorien zusammenfassen, wie in Abb. 3.6 dargestellt.

„**nebeneinander**“ – mischgenutztes Ensemble bestehend aus einzelnen, monofunktionalen Gebäudevolumen, bei denen die Funktionen räumlich unabhängig voneinander festgelegt sind. Die Volumina können dabei in direktem räumlichen Bezug zueinander stehen oder bei ähnlichem Erscheinungsbild losgelöst voneinander als Ensemble wirken. Diese Anordnung ist typisch für Projekte, bei der die städtebauliche Situation einem

Baukörper eine gesonderte Aufgabe zukommen lässt, wie beispielhaft das Vorder- und Hinterhaus oder ein städtebaulicher Hochpunkt. Die Gebäudevolumina, die Gebäudestrukturen sowie in Teilen das äußere Erscheinungsbild sind auf die jeweilige Nutzungsart abgestimmt.

„**aufeinander**“ – monofunktionale Hauptnutzung mit aufsitzen abweichender Nebennutzung. Die Anbindung der aufgesetzten Nebennutzung erfolgt über das Volumen der Hauptnutzung, so dass die Voraussetzungen der vertikalen Gebäudeelemente, wie die Erschließung oder die Versorgung mit den Medien der TGA aufeinander abgestimmt sein müssen. Aufgesetzte Nebennutzungen können Sondernutzungen wie Gastronomie, Sport- oder Tagungsbereiche aber auch Wohnnutzungen sein.

„**ineinander**“ – ineinandergreifende Anordnung monofunktionaler Gebäudevolumen als Modifikation der aufeinander gesetzten Variante. Sie ermöglicht, auf vertikale Durchdringungen von Erschließungs- und Versorgungselementen im angrenzenden Volumen zu verzichten, indem eine Anbindung an das Erdgeschoss für alle Volumina losgelöst voneinander hergestellt wird. Das Maß der „Verschachtelung“ ist von den Dimensionen und den Kombinationsmöglichkeiten der Nutzungsarten abhängig.

„**übereinander**“ – vertikale Anordnung voneinander abweichender Nutzungsarten bei gleichbleibender Grundrissabmessung der Geschosse. Die räumlichen und strukturellen Anforderungen der einzelnen Nutzungsarten sind direkt aufeinander abgestimmt. Besonderes Augenmerk ist auf die vertikalen Durchdringungen zu legen, wie beispielsweise die Position der Gebäudekerne oder die Leitungsschächte der TGA. Stark voneinander abweichende Nutzungsarten bedingen Kompromisse in der

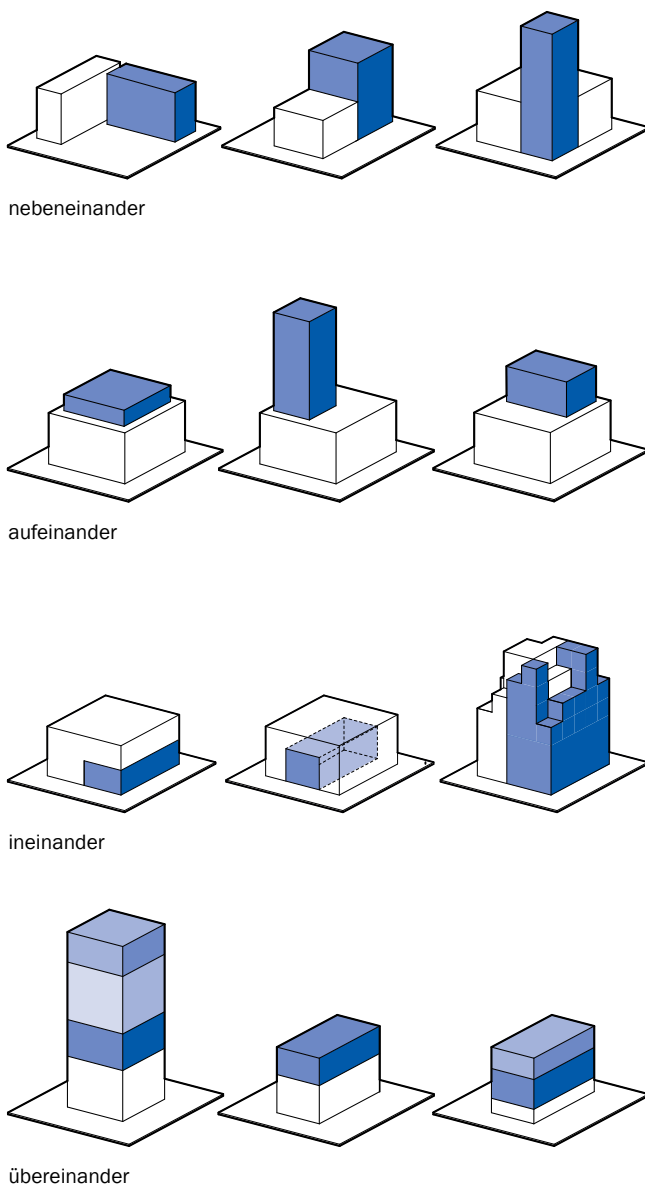


Abb. 3.6: Anordnungsvarianten mischgenutzter Geschossbauten

Funktionalität und der Flächeneffizienz der einzelnen Nutzungsarten. Die Anordnungsvariante ist aktuell vorrangig im Hochhausbau zu finden, wo mittels Mischnutzung versucht wird, das Vermarktungsrisiko zu minimieren.

Die vier Anordnungsvarianten für Mischnutzungen sind im Sinne der Anpassungsfähigkeit von Gebäuden unterschiedlich zu bewerten. In den Ansätzen „nebeneinander“, „aufeinander“ oder „ineinander“ sind die einzelnen Gebäudevolumina auf die räumlichen, konstruktiven und funktionalen Anforderungen von einer definierten Nutzungsart abgestimmt. Im Falle von Überschneidungsflächen oder gemeinsam genutzten Gebäudebereichen wird eine räumliche, konstruktive und funktionale Abstimmung der in Betracht gezogenen Nutzungsarten notwendig. Dies führt in der Anordnungsvariante „übereinander“ bei identischer Dimension der Geschosse dazu, dass Grundrisse entwickelt werden müssen, deren Grundstruktur für die verschiedenen Nutzungsarten räumlich, konstruktiv und funktional nutzbar sind. In möglichen Umnutzungsprozessen einzelner Geschosse bzw. des Gebäudes werden in dieser Anordnungsvariante keine größeren Eingriffe in die Gebäudestruktur notwendig bzw. verringern sich die funktionalen Einschränkungen.

Die von Investoren geforderte, kurzfristige Reaktionsfähigkeit auf sich verändernde Anforderungen der Nutzungsarten kann durch eine Anordnung monofunktionaler Gebäudestrukturen nur schwerlich erzielt werden. Sie erhöht lediglich die nachhaltig wirkende Diversität im Stadtraum. Erst mit der gestapelten Anordnung verschiedener Nutzungsarten in einer aufeinander abgestimmten und somit multifunktionalen Grundstruktur wird der Aufwand für Umnutzungsprozesse reduziert und die Reaktionsfähigkeit gesteigert. Am Beispiel von multifunktional genutzten Hochhäusern lässt sich die

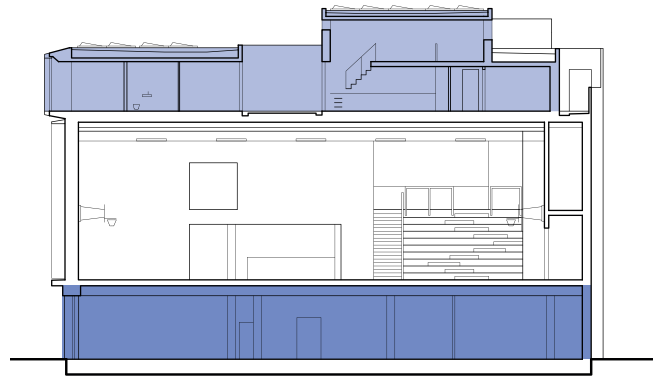
Sundbyøster Hall II

Dorte Mandrup A/S | Kopenhagen [DK] | 2015
Supermarkt, Sporthalle und Wohnnutzung

Der Baukörper vereint drei Funktionen in einer unkonventionellen Kombination aus Supermarkt, Sporthalle und Wohnungen. Über der Sockelzone mit Supermarkt faltet sich die Fassade der Sporthalle in vertikale Elemente auf. Den Abschluss bilden Eigentumswohnungen. Mittels Schottenbauweise konnte die konstruktive Schwierigkeit, eine stützenfreie Sporthalle und die Kleinteiligkeit der aufgesetzten Wohnungen zu vereinen, gelöst werden.

Abb. 3.7: Kombination kleinteiliger und großräumiger Nutzungen in einem Gebäude in innerstädtischer Lage.

Fotos: ADAM MØRK | Plan: Dorte Mandrup A/S



Schnitt quer



Umsetzung exemplarisch darstellen, da in der Planung die Hauptaufgabe in der Definition eines Gebäudekerns besteht, der die Anforderungen aller einbezogenen Nutzungsarten erfüllt. So wird die Vermarktungsfähigkeit deutlich gesteigert, da einzelne Geschosse je nach Marktsituation auf die geforderten Nutzungen angepasst werden können [3-5].

Für multifunktionale und dadurch anpassungsfähige Büro- und Geschäftshäuser besteht für Planer die Hauptaufgabe in der Festlegung einer für verschiedene Nutzungsarten nutzbare Gebäudestruktur. Neben der Definition geeigneter Grundrissdimensionen sind vorrangig die vertikalen Elemente wie die Gebäudekonstruktion, Erschließungselemente und die Versorgung mit Medien der TGA entwurfsentscheidende Elemente.

3.2.3 Erkenntnisse Mischnutzungen

Mischnutzungen sind für eine zukunftsorientierte Stadtentwicklung ein entscheidender Faktor, denn mit der Vielfalt entstehen belebte Quartiere und Nachbarschaften. Je vielfältiger mischgenutzte Projekte in sozialer, ökonomischer und ästhetischer Hinsicht konzipiert sind, desto reicher und lebendiger kann das städtische Leben sein. Mit öffentlichen Nutzungen und Dienstleistungen wird das nahe Bewohnerumfeld direkt angesprochen und eine Plattform des Austausches geschaffen. Sind Wohnnutzungen in mischgenutzte Projekte einbezogen, sind die öffentlichen und halböffentlichen Bereiche gegenüber den privaten Rückzugsorten sorgsam anzuordnen und zu gestalten.

Doch mischgenutzte Projekte sind deutlich komplexer zu entwickeln, da eine erhöhte Zahl an Interessen, Bauvorschriften und Beteiligter in den Planungsprozess

einzu beziehen sind. Zusätzlich erschweren abweichende Dimensionen, Organisationsstrukturen oder Anforderungen der Gebäudehülle die Vereinbarkeit verschiedener Nutzungsarten. Mit jeder zusätzlich einbezogenen Nutzungsart multiplizieren sich die Anforderungen. Dies erschwert den Entwurfsprozess, da eine Vielzahl weiterer Anforderungen in ein stimmiges Gefüge zusammengeführt werden müssen. Die vermeintlichen Problemstellungen können bei einer intensiven, interdisziplinären Zusammenarbeit auch zu Synergieeffekten führen, wie es das mischgenutzte Projekt Sundbyøster II in Kopenhagen nachweist. Die Trennwände der aufgesetzten Wohneinheiten übernehmen zusätzlich die Funktion als Deckentragwerk der darunterliegenden, weitspannenden Sporthallenkonstruktion.

In welchem Maße die Gebäudestrukturen von Mischnutzungen anpassungsfähig sind, hängt von den einbezogenen Nutzungsarten ab. Eine Sporthalle ist aus belichtungs- und belüftungstechnischen Gründen und auf Grund der Raumhöhe schwerlich in eine Wohnnutzung umzufunktionieren; eine Parkgarage als Kaltraum kann nicht bewohnt werden. Die Konzepte einiger Mischnutzungen verdeutlichen jedoch, dass mögliche Nachnutzungsstrategien bewusst in die Planung aufgenommen wurden, um im Falle eines gescheiterten Betreiberkonzeptes die Flächen entsprechend umzufunktionieren zu können. Dies ist vor allem dann leicht umzusetzen, wenn die räumlichen, funktionalen und baurechtlichen Rahmenbedingungen der (Nach-)Nutzungsarten bereits erfüllt sind.

3.3 Baurecht

Mischgenutzte Projektbeispiele verdeutlichen das Potenzial, das mit einem differenzierten Raumangebot und den verschiedenen Funktionen für das Stadtquartier erzielt wird, sowie den Nutzen der beteiligten Akteure vom Investor bis hin zum späteren Nutzer. Bei den Projekten ist Pionierarbeit gefragt, denn derzeit erschweren die rechtlichen Grundlagen oftmals die Umsetzung. Flächennutzungs- und Bebauungspläne sehen für Gebiete und Parzellen häufig monofunktionale Nutzungen vor, in denen nur in Ausnahmen Nutzungskombination zulässig sind. Eine nächste Überarbeitung der baurechtlichen Vorgaben könnte die Basis dafür schaffen, dass künftig neben den aktuellen Leuchtturmprojekten, die häufig als Impulsgeber oder „Urban Motor“ eingesetzt werden, auch die vielfältigen, kleinteiligen und eher alltäglichen Projekte als mischgenutztes Angebot leichter realisiert werden können, die ein vitales Stadtgefüge entstehen lassen [3-14].

3.3.1 Bauleitplanung

Das Baugesetzbuch (BauGB) geht im Grundsatz von einer Zweistufigkeit der Bauleitplanung aus, auf die Gemeinden bei der Gestaltung und Umsetzung ihrer städtebaulichen Ideen zurückgreifen. Auf Grundlage von vorbereitenden Bauleitplänen gemäß den §§ 5-7 BauGB als Flächennutzungspläne, sind im zweiten Schritt verbindliche Bauleitpläne gemäß §§ 8-10 BauGB als Bebauungspläne von den Gemeinden zu entwickeln bzw. festzusetzen. Mit der Baunutzungsverordnung (BauNVO) legt der Gesetzgeber die Vorschriften für die Erstellung der Bauleitpläne fest. In den Flächennutzungsplänen werden in groben Zügen die Nutzungsabsicht für sämtliche Grundstücke einer Gemeinde für einen Zeitraum

von circa 10 bis 15 Jahren beschrieben. Sie setzen den Rahmen, aus dem heraus der Bebauungsplan für ein eng umgrenztes Teilgebiet der Gemeinde rechtsverbindliche Festsetzungen treffen kann [3-15].

Die BauNVO gliedert sich in drei Abschnitte. Der erste Abschnitt beschreibt die Art der baulichen Nutzung für zur Bebauung vorgesehenen Flächen. Dabei wird zwischen Bauflächen in den Flächennutzungsplänen und Baugebieten in den Bebauungsplänen unterschieden. Die Bauflächen gliedern sich gemäß Tab. 3.1 in Wohnbauflächen (W), gemischte Bauflächen (M), gewerbliche Bauflächen (G) und Sonderbauflächen (S). Gemäß § 1 Abs. 2 der BauNVO werden diese in den Bebauungsplänen konkretisiert und in den §§ 2-14 zulässige Nutzungsarten bzw. -kombinationen festgelegt. Abschnitt 2 und 3 der BauNVO beschäftigen sich mit dem Maß der baulichen Nutzung bzw. mit der Bauweise und der überbaubaren Grundstücksfläche.

Der Vergleich der BauNVO in seiner Erstfassung von 1962 mit der aktuellen Fassung aus dem November 2017 verdeutlicht, wie stark diese erste Fassung vom Leitbild der Funktionstrennung gemäß den Inhalten der Charta von Athen geprägt war. Während die Erstfassung mit ihren Festsetzungen über die Art der baulichen Nutzungen wenig Spielraum für eine Funktionsmischung einräumte, ist im Zuge der Novellierungen die Funktionstrennung im Städtebau aufgeweicht worden. Lautet es in der Erstfassung beispielsweise noch in § 3 BauNVO: „Reine Wohngebiete dienen ausschließlich dem Wohnen“ so wird das reine Wohngebiet in der aktuellsten Fassung als „Reine Wohngebiete dienen dem Wohnen“ definiert. In den nachfolgenden Absätzen werden Anlagen zur Kinderbetreuung und Anlagen, die den Bedürfnissen der Bewohner des Gebietes dienen, ergänzend zum Wohnen zugelassen.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Wohnbaufläche	Kleinsiedlungsgebiete (WS)	●	●	●		●	●	●						●		
	reine Wohngebiete (WR)	●	●	●	●											
	allgemeine Wohngebiete (WA)	●	●	●	●	●	●	●								
	besondere Wohngebiete (WB)	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●		
gemischte Bauflächen	Dorfgebiete (MD)	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●			
	Mischgebiete (MI)	●	●	●	●	●			●		●	●	●			
	urbane Gebiete (MU)	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●			
	Kerngebiete (MK)	●	●	●	●			●		●	●	●	●			
gewerbliche Bauflächen	Gewerbegebiete (GE)	●		●		●	●	●	●	●	●	●			●	
	Industriegebiete (GI)	●		●		●	●	●	●						●	●
Sonderbauflächen	Sondergebiete (SO)															

- 1 Wohngebäude
 - 2 Läden, Gaststätten
 - 3 kirchliche, kulturelle, gesundheitliche, soziale, Sportanlagen
 - 4 Hotels, Pensionen
 - 5 Tankstellen
 - 6 Nicht störende Handwerksbetriebe
 - 7 Nicht störendes Gewerbe
 - 8 sonstiges Gewerbe
 - 9 Verwaltungsgebäude
 - 10 Geschäfts- und Bürogebäude
 - 11 Vergnügungsstätten
 - 12 Land- und forstwirtschaftliche Betriebe
 - 13 Nutzgärten, Gartenbaubetriebe
 - 14 Lagerhäuser und -plätze
 - 15 Industriebetriebe
- zulässig
● ausnahmsweise zulässig

Tab. 3.1: Übersicht über zulässige und ausnahmsweise zulässige Nutzungskombinationen nach Baunutzungsverordnung 2017

In der Festsetzung der Nutzungsarten in den verschiedenen Baugebieten sind in den Novellierungen schrittweise Ergänzungen von Nutzungsarten vorgenommen worden, die eine höhere Funktionsmischung erlauben und dadurch gesündere Wohnverhältnisse in den Städten schaffen. Der § 4a BauNVO „Gebiete zur Erhaltung und Entwicklung der Wohnnutzung (besondere Wohngebiete)“ und der § 6a BauNVO „Urbane Gebiete“ zielen dabei im Besonderen auf eine höhere Funktionsmischung, um eine höhere Attraktivität von Planungsgebieten zu erzeugen bzw. zu erhalten. Mit dem § 6a BauNVO, der erst mit der aktuellsten Novellierung aufgenommen wurde, wird der Begriff der Nutzungsmischung explizit erwähnt.

Mit der letzten Novellierung zielt der Bundesgesetzgeber darauf, den Weg für eine höhere Diversität im Stadtraum und somit eine nachhaltige Stadtentwicklung baurechtlich zu vereinfachen. Damit soll unter anderem Wohnungsbau an verdichteten und funktional durchmischten Standorten erleichtert werden, denn er muss nicht in einem ausgewogenen Verhältnis zu anderen Funktionen stehen. So wie bereits für „Kerngebiete“ ist für „urbane Gebiete“ die Möglichkeit der horizontalen Gliederung des Baugebietes vorgesehen. Die Vorgaben für die Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ) lassen eine höhere Ausnutzung zu und die Immissionsrichtwerte liegen über denen von „Kern- und Mischgebieten“. Insgesamt soll durch die Festsetzungen die Konzentration auf die Innenentwicklung gerichtet sein und die Flächeninanspruchnahme im Außenbereich der Städte reduziert werden.

Mit der gezielten Festlegung für Mischnutzungen können Entwicklungen von Stadtgebieten stärker gesteuert oder gefördert werden. Jedoch sieht das Überleitungsrecht die Anwendung der geänderten Vorschriften grundsätzlich nur für Planungen nach Inkrafttreten der Änderungs-

verordnung vor, so dass für die seit 1962 erlassenen Bebauungspläne jeweils die Fassung der BauNVO gültig ist, die zum Zeitpunkt der öffentlichen Auslegung des Planentwurfs galt [3-16]. Flächennutzungspläne und Bebauungspläne strukturschwacher Gemeinden und Städte, die nicht in dem empfohlenen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren fortgeschrieben werden, fußen in der Regel auf älterem Planungsrecht, so dass die Erhöhung der Diversität hier erst über einen komplexen, langwierigen Veränderungsprozess des lokalen Baurechts möglich ist.

3.3.2 Bauordnung

Das Bauordnungsrecht ist neben dem Bauplanungsrecht ein Teilbereich des öffentlichen Baurechts und wird von den Bundesländern insbesondere in den jeweiligen Landesbauordnungen geregelt, deren Grundlage die Musterbauordnung (MBO) der Bauministerkonferenz [3-17] darstellt. Der Zweck im Bauordnungsrecht liegt in der Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung von Bauvorhaben.

Die MBO gliedert sich in einen formellen und einen materiellen Teil. Der formelle Teil trifft Regelungen über die Bauaufsichtsbehörden und über das bauaufsichtliche Verwaltungsverfahren. Im materiellen Teil ist nach dem Anwendungsbereich und den Begriffsbestimmungen wie bauliche Anlage, Gebäude, Vollgeschosse, usw. die bauordnungsrechtliche Generalklausel geregelt. Diese enthält Regelungen im Hinblick auf die Errichtung, Erhaltung, Änderung, Nutzung und den Abbruch baulicher Anlagen – hier im Besonderen der Gefahrenabwehr im Baubereich wie beispielsweise die Anforderungen an die Beschaffenheit baulicher Anlagen, an die Stand-sicherheit von Gebäuden, an die Beschaffenheit von Baumaterialien und an den vorbeugenden Brandschutz.

Timmerhuis

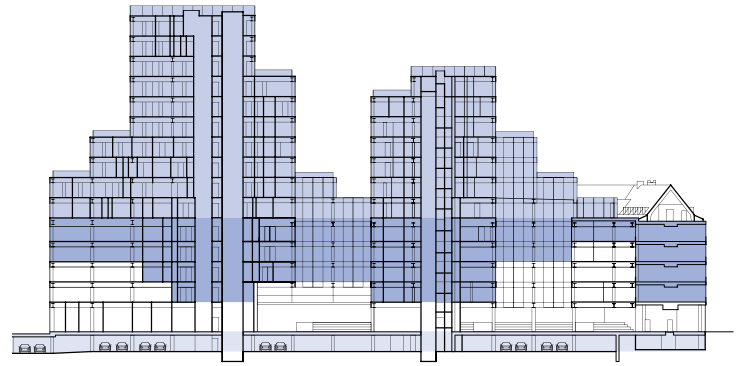
OMA | Rotterdam [NL] | 2015

Wohn-, Büronutzung und Gewerbe

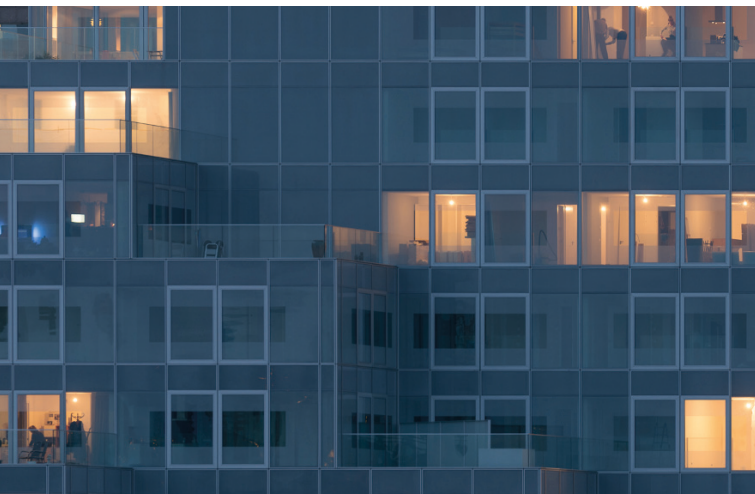
Die Projektaufgabe lag in der Bündelung der Stadtverwaltung an einem Standort und gleichzeitig dem städtischen Wohnungsmangel entgegenzuwirken. Als Gebäude aus gleichmäßigen Modulen füllt „Timmerhuis“ das Grundstück fast vollständig aus. Im Inneren bricht die Rasterung der Außenhülle auf und entfaltet eine Weite mit Atrien und Passagen. Blickbeziehungen zwischen den Geschossen unterstreichen das Leitmotiv „Mixed-Use“.

Abb. 3.8: Die gerasterte Fassade der gestapelten Glasmodule lässt kaum Rückschlüsse auf die unterschiedliche Nutzung zu.

Fotos: © Ossip van Duivenbode | Plan: © OMA



Schnitt längs



Inwieweit die Errichtung sowie die Veränderungen am Gebäude und die Nutzungsänderung von multifunktionalen Büro- und Geschäftshäusern gemäß den Bauordnungen genehmigungspflichtig sind, hängt von den länderspezifischen Definitionen in den jeweiligen Landesbauordnungen sowie den in Betracht gezogenen Nutzungsarten ab. Während die Begriffe Errichtung, d. h. erstmalige Herstellung einer baulichen Anlage, und Änderung, d. h. die bauliche Veränderung (einschließlich des Abbruchs) einer baulichen Anlage, relativ einfach abzugrenzen sind, ist die begriffliche Erfassung der Nutzungsänderung deutlich komplexer. Auszugehen ist immer davon, dass bei der (erstmaligen) Genehmigung eines Gebäudes nicht nur dessen technische Errichtung, sondern auch eine bestimmte, dem Gebäude zugeordnete Nutzung genehmigt und festgelegt wird. Dabei können unterschiedliche Nutzungsarten für Gebäudebereiche festgesetzt werden, die verschiedenen Kategorien zugeordnet werden. Es wird zwischen öffentlicher und privater Nutzung unterschieden. Weiter werden Bauvorhaben nach § 2 Abs. 2 MBO Gebäudeklassen zugeordnet. Die Klassifizierung bedingt unterschiedliche Anforderungen an die Qualität von Bauteilen und an die Dimension von Räumen. Mit der Definition der Nutzungsart wird unter anderem die Hinzunahme von Sonderbauverordnungen und -richtlinien geregelt, die baurechtliche Vorgaben präzisieren.

Unter der Nutzungsänderung einer baulichen Anlage ist eine Änderung der Nutzungsweise zu verstehen, durch die der Anlage eine von der bisherigen Nutzung abweichende Zweckbestimmung gegeben wird. D. h. die ihr bisher zugewiesene Funktion wird in rechtserheblicher Weise geändert – es wird die Genehmigungsfrage neu aufgeworfen (gemäß Urteil vom Bundesverwaltungsgericht vom 11. 11. 1988). Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass eine Nutzungsänderung nicht eine bauliche Veränderung

des Gebäudes voraussetzt. Auch ohne bauliche Veränderung ist eine Nutzungsänderung gegeben, wenn an die neue Nutzungsart durch das öffentliche Baurecht andere, insbesondere weitergehende Anforderungen als an die bisherige Nutzung gestellt werden. Bauordnungsrechtlich kann beispielsweise durch eine neue Nutzungsart eine Anpassung der Raumhöhe, der Anzahl von Notausgängen, der Anforderungen von sanitären Anlagen, der Brand- und Schallschutzbestimmungen, der Arbeitsschutzrichtlinien oder des Stellplatzbedarfs erforderlich werden [3-18].

Sinnvoll ist daher eine Baugenehmigung zu beantragen, die eine bestimmte Variationsbreite in der Nutzung zulässt. Die Genehmigung eines Vorhabens als „Blumenladen“ lässt nur den Einzelhandel mit Blumen und Grünpflanzen zu. Bei einer Änderung des Sortiments müsste eine erneute Baugenehmigung erarbeitet werden. Wo hingegen die Genehmigung eines Vorhabens als „Einzelhandelsgeschäft“ den Einzelhandel mit beliebigen Waren zulassen würde [3-19]. Für Büro- und Geschäftshäuser kann je nach baurechtlicher Ausgangslage eine Umnutzung in eine alternative Nutzungsart, die einen Sonderbautatbestand festlegt und sich dadurch die Qualität von Bauteilen verändern könnte, nicht oder nur mit hohem finanziellem Aufwand realisiert werden. So können veränderte Vorgaben des baurechtlich festgelegte Tatbestand zum Ausschlusskriterium für die Nutzungsänderung führen.

Die Multifunktionalität oder der Begriff der Mischnutzung werden im Bauordnungsrecht nicht separat betrachtet, daher sind für Nutzungskombinationen jeweils die baurechtlichen Grundlagen aller Nutzungsarten in Betracht zu ziehen. Um bauliche Anpassungen und den bauordnungsrechtlichen Aufwand im Umnutzungsprozess zu minimieren, sind für multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser

die baurechtlichen und baukonstruktiven Anforderungen aller in Betracht gezogenen Nachnutzungsarten in den Planungsprozess einzubeziehen. Dabei sind im Sinne einer hohen Anpassungsfähigkeit die jeweils höchsten Anforderungen maßgebend. Sprechen beispielsweise ökonomische Gründe dagegen, sollten für einen Umnutzungsprozess zumindest ergänzende bauliche Maßnahmen, die ohne größeren Eingriff zu realisieren sind, in Betracht gezogen werden.

3.3.3 Energieeinsparverordnung

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) bildet die gesetzliche Grundlage für Wärmeschutznachweise, die je nach Baurecht der Länder für Bauvorlagen erforderlich sind, und stellt seit ihrer ersten Einführung 2002 ein wichtiges Instrument der deutschen Energie- und Klimapolitik dar. Mittels des Energieausweises lassen sich die energetischen Kennwerte von Gebäuden feststellen; die Ausstellung ist für Gebäude mittlerweile gesetzlich vorgeschrieben. Die EnEV unterscheidet in ihren Begriffsbestimmungen gemäß § 2 EnEV nach Wohngebäuden, „die nach ihrer Zweckbestimmung überwiegend dem Wohnen dienen, einschließlich Wohn-, Alten- und Pflegeheimen sowie ähnlichen Einrichtungen“ und nach Nichtwohngebäuden. In diese Kategorie fallen gemäß Anlage 2 EnEV unter anderem Bürogebäude, Verkaufsstätten, Gewerbebetriebe, Schulen, Kinderbetreuungsstätten, Bibliotheken, Beherbergungsstätten oder Sportstätten. In mischgenutzten Gebäuden sind die Gebäudeteile mit Wohn- und Nichtwohnnutzung nach § 22 EnEV unter bestimmten Umständen getrennt zu behandeln. Hier heißt es in Satz 1 „Teile eines Wohngebäudes, die sich hinsichtlich der Art ihrer Nutzung und der gebäudetechnischen Ausstattung wesentlich von der Wohnnutzung unterscheiden und die einen nicht unerheb-

lichen Teil der Gebäudenutzfläche umfassen, sind getrennt als Nichtwohngebäude zu behandeln.“ Die getrennte Behandlung erfolgt nur, wenn alle drei Kriterien erfüllt sind. Andernfalls ist das Gebäude gemäß EnEV als Wohngebäude einzustufen. § 22 Satz 2 EnEV definiert den gegenteiligen Fall und definiert: „Teile eines Nichtwohngebäudes, die dem Wohnen dienen und einen nicht unerheblichen Teil der Nettogrundfläche umfassen, sind als Wohngebäude zu behandeln.“ Die getrennte Behandlung von Wohnnutzungen in Nichtwohngebäuden ist unabhängig von der gebäudetechnischen Ausstattung. Einziges Kriterium ist dabei die Definition des „nicht unerheblichen Anteils der Nettogrundfläche“. In der Regel werden Wohnnutzungen in Nichtwohngebäuden mit einem Anteil über 10 % der Gebäudenutzfläche getrennt behandelt.

Die Einstufung als Wohngebäude oder Nichtwohngebäude hat für „Zu errichtende Gebäude“ gemäß Abschnitt 2 EnEV Auswirkung auf den Wärmeschutz und die Eigenschaften der Technischen Anlagen. Die Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf der technischen Anlagensysteme und der Bauteile des Referenzgebäudes gemäß den Anlagen 1 und 2 EnEV weichen für Wohngebäude bzw. für Nichtwohngebäude je nach Raum-Solltemperaturen im Heizfall voneinander ab (vgl. Tab. 3.2). Für Nichtwohngebäude werden ergänzend Referenzwerte für bestimmte Bauteile und Systeme definiert, die lediglich für die als Nichtwohngebäude definierten Nutzungsarten zur Anwendung kommen. In der energetischen Erfassung wird für die beiden Kategorien die anzusetzende Fläche abweichend voneinander ermittelt. Die Anforderungen an Wohngebäude beziehen sich auf die Gebäudenutzfläche, die sich als abstrakte Größe über das beheizte Gebäudevolumen und einem von der durchschnittlichen Geschosshöhe abhängigem Beiwert ermitteln lässt. Für Nichtwohngebäude sind die

Bauteile/ Systeme	Neubau			Sanierung	
	Wohngebäude	Nichtwohngebäude (Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19^\circ\text{C}$)	Nichtwohngebäude (Raum-Solltemperatur im Heizfall von 12 bis $< 19^\circ\text{C}$)	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$	Zonen von Nichtwohn- gebäuden mit Innentempera- turen von 12 bis $< 19^\circ\text{C}$
Außenwand	$U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Geschossdecke gegen Außenluft	$U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		
Vorhangsfassade		$U = 1,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Außenwand gegen Erdreich	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
Bodenplatte	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
Dach	$U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Lichtbänder		$U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		
Fenster	$U = 0,97 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,97 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,97 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Fenstertüren	$U = 0,97 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,97 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,97 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Dachflächenfenster	$U = 1,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,42 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Außentüren	$U = 1,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 1,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 2,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		
Wärmedurchgangskoeffizient					

Tab. 3.2: Ausführungsvorgaben an den Wärmedurchgangskoeffizienten für wärmeübertragende Umfassungsflächen des Referenzgebäudes gemäß EnEV 2016 [3-29]

Anforderungen auf die Nettogrundfläche zu beziehen, die sich aus der Nutzungsfläche, den Verkehrsflächen sowie den Funktionsflächen zusammensetzt.

Für Änderungen, Erweiterungen und den Ausbau von bestehenden Gebäuden und Anlagen werden gemäß Abschnitt 3 EnEV spezielle Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten von betroffenen Flächen oder Außenbauteile festgelegt. Diese sind, wie in Tab. 3.2 dargestellt, in wenigen Kategorien höher gefordert als die einzuhaltenden Werte für Neubauten. Dies ist im Zusammenhang mit Teilsanierungen zu sehen, bei denen eine Verbesserung des Primärenergiebedarfs über Einzelflächen oder einzelne Bauteile erfolgen kann. Doch nicht jede Änderung oder Sanierung eines Bauteils löst eine Anforderung zur energetischen Verbesserung aus. So gelten Anforderungen an Außenwände, wenn der Putz erneuert wird, nicht jedoch wenn der Putz lediglich ertüchtigt wird. Ähnlich verhält es sich, wenn zum Beispiel lediglich der Dachbelag erneuert wird. Die Anforderungen an eine Verbesserung sind alternativ erfüllt, wenn gemäß § 9 Satz 1 EnEV der spezifische Transmissionswärmeverlust und der Primärenergiebedarf die festgesetzten Grenzwerte von Neubauten maximal um 40 % überschreiten. Außerdem ist die energetische Verbesserung auf Änderungen von Außenbauteilen nicht anzuwenden, wenn gemäß § 9 Absatz 3 EnEV „die Fläche der geänderten Bauteile nicht mehr als 10 vom Hundert der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes betrifft“ [3-20], [3-21].

Die Abweichungen für Wohn- und Nichtwohngebäude in den Vorgaben für Systeme der Gebäudetechnik sowie für die Anforderungen an Bauteile der Gebäudehülle der EnEV sind nur geringfügig. Für den Planungsprozess multifunktionaler Büro- und Geschäftsgebäude ist daher im Vorfeld zu prüfen, ob Nutzungsänderungen Auswirkungen

auf die Festlegung der Gebäudehülle und der Systeme der Gebäudetechnik hervorrufen. Dies trifft vor allem dann zu, wenn unterschiedliche Raum-Solltemperaturen im Heizfall angesetzt werden. Für Nutzungsänderungen inklusive möglicher Anpassungen der Fassadenflächen ist zu prüfen, ob die Anforderungen gemäß Anlage 3 EnEV eingehalten oder mit geringem Aufwand zu erreichen sind.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass es weitere Novellierungen der EnEV geben wird, die zu weiteren Verschärfungen des zulässigen Energiebedarfs temperierter Gebäude führen wird. Um eine hohe Anpassungsfähigkeit von multifunktionalen Büro- und Geschäftshäusern auch zukünftig aufrecht zu halten, sollte die Gebäudehülle für kommende Verschärfungen mit geringem Aufwand energetisch aufgewertet werden können und die Systeme der Gebäudetechnik entsprechende Reserve(flächen) vorhalten.



Abb. 3.9: Erweiterung der Hauptverwaltung Welthandelsorganisation WTO | wittfoht architekten bda | Genf (CH) | 2013

Foto: Brigida González

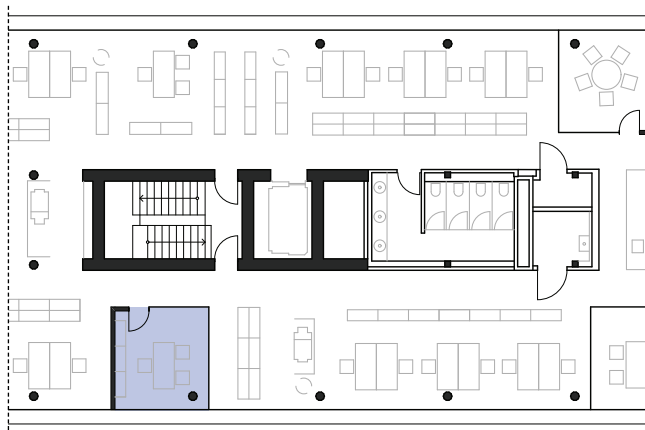


Abb. 3.10: Grundrissausschnitt der Hauptverwaltung der Welthandelsorganisation WTO

Plan: wittfoht architekten bda

3.4. Nutzungsart

Unter der Art der Nutzung versteht sich der Zweck, dem Gebäude oder Räume durch den Gebrauch dienen. Über ihre Nutzung sind Gebäude einer Typologie zuzuordnen, die für die Genehmigungsfrage entscheidend ist, da Bauvorhaben den vorgesehenen Nutzungskategorien der ausgewiesenen Bauflächen nach BauNVO entsprechen müssen. Sind in einem Gebäude mehrere Nutzungsarten bzw. keine Hauptnutzung untergebracht, ist die Zuordnung zu einer Nutzungskategorie nicht immer eindeutig festzustellen.

Im urbanen Raum besteht eine hohe Vielfalt an räumlichen Nutzungsangeboten, die neben dem Bedarf an Wohnraum und Flächen für Arbeitsorte die Versorgung der Bewohner sicherstellen bzw. den Alltag und die Freizeit mit Angeboten bereichern. Außerhalb von Wohnvierteln wird der Stadtraum stark durch Bürogebäude und Geschäftshäuser geprägt, die nach den Wohngebäuden der zweitwichtigste Gebäudetyp auf dem deutschen Immobilienmarkt sind [3-22]. Historisch bedingt, sind der Großteil der städtischen Gebäude für eine Nutzungsart festgelegt. Nur in den Innenstädten und an verkehrstechnisch günstigen Lagen mit einem hohen Publikumsverkehr finden sich in den Erdgeschosszonen häufig abweichende Nutzungen gegenüber den oberen Geschossen. In den vergangenen Jahren werden mischgenutzte Projekte immer häufiger in der Stadt- und Quartiersplanung als ein den Stadtraum belebendes Element aufgegriffen und werden als Impulsgeber strukturschwache Quartiere auf.

Um die Handlungsempfehlungen für multifunktionale Büro- und Geschäftshäuser auf ein weitreichendes Anwendungsgebiet in die Planungspraxis übertragen zu können, ist neben den Anforderungen von Büro- und Ge-

schäftshäusern die Berücksichtigung typischer städtischer Nutzungsarten, wie Wohnen, Beherbergungsstätten, Gewerbe (Räumlichkeiten für eine kleinere Gastronomie, Fachgeschäfte oder sonstigen Dienstleistungen) und Parkhäusern erforderlich. Die Einbeziehung möglicher Sondernutzungen, wie Schulen, Krankenhäuser, Sporthallen oder Supermärkte erzeugt hingegen eine zu hohe Komplexität in der Betrachtung der Typologien. Sie werden daher wie die Sondernutzungen Atelierräume, Kinderbetreuungen, Praxen oder Seminarräumen, die in den Räumlichkeiten der einbezogenen Nutzungsarten mit geringen räumlichen Einschränkungen realisiert werden können, nicht tiefgründig betrachtet.

3.4.1. Typologische Parameter

3.4.1.1 Bürogebäude

Mit dem wachsenden Anteil der Bürotätigkeit unserer modernen Dienstleistungsgesellschaft steigt auch das Angebot an räumlichen Organisationsformen – vom Zellenbüro bis zum Businessclub, vom Großraumbüro zum Working Café. Globalisierung und Informationstechnologie verändern in immer kürzeren Abständen die Prozesse und Kommunikationsmöglichkeiten der Arbeitswelt. Die Typologie Bürogebäude ist die sich am schnellsten wandelnde Nutzungsart. Wurden bis in die 1980er Jahre größtenteils Zellen- und Großraumstrukturen als Arbeitsplätze angeboten, werden heute von den Nutzern multifunktionale Arbeitsplätze und -räume in flexiblen und innovativen Arbeitsstätten gefordert, die die individuelle Arbeit sowie das Teamwork gleichermaßen ermöglichen, die interdisziplinäres Arbeiten fördern, verschiedene Arbeitsprozesse unterstützen und die Mitarbeiter inspirieren. Das Wohlbefinden der Nutzer wird in den Mittelpunkt gestellt.



Abb. 3.11: Wohngebäude Jolimont | Nomos | Genf (CH) | 2015

Foto: Miguel de Guzman

Bürogebäude gemäß Abb. 3.9 und 3.10 sind eine simple Reihung sich vertikal und horizontal wiederholender Arbeitsplätze. Nicht zuletzt hat die kleinste Einheit „der Schreibtisch“ – auf Französisch bureau – dieser Typologie ihren Namen gegeben. Ausgehend vom Arbeitsplatz werden die Büroräume mit einer hohen Flächeneffizienz in verschiedenen Büroorganisationsformen angeordnet. Die Wahl der Organisationsform hängt von den häufig und immer kurzfristiger wechselnden Bedürfnissen und Arbeitsprozessen der Nutzer ab. [3-23]

Strukturell reduzieren sich Bürogebäude heute meist auf eine Skelettstruktur mit aussteifenden Gebäudekernen. Die Unterteilung der Geschossflächen erfolgt über leichte Trennwände in der Ausbauebene. Die Reduktion des Tragwerks auf wenige Elemente sorgt mit der anpassungsfähigen Leichtbauweise im Ausbau für die notwendige Flexibilität in der Gestaltung der Büro-Grundrisse und lässt räumlichen Spielraum für Umstrukturierungen, Wachstum oder Schrumpfungen zu. Die Abstände der Skelettkonstruktion sind auf das gewählte Ausbauraster abgestimmt, das wiederum zu den räumlichen Dimensionen und funktionalen Anforderungen des Arbeitsplatzes Bezug nimmt. Die Wahl des Ausbaurasters entscheidet im Zusammenhang mit der Möblierung und Ausstattung der Arbeitsplätze über die Flächeneffizienz. Offenerere Büroorganisationsformen sind weniger stark von einem auf den Arbeitsplatz ausgerichteten Ausbauraster abhängig. Diese können auf Grund der freieren Anordnung der Arbeitsplätze auf die räumlichen Vorgaben eines Konstruktions- bzw. Ausbaurasters reagieren.

Für die verschiedenen Büroorganisationsformen haben sich im Laufe der Jahre optimierte Abmessungen für die lichte Gebäudetiefe und -höhe erwiesen. Diese beeinflussen die Tageslichtausbeute in den Büroräumen und den mittig liegenden Flur- bzw. Mittelzonen. Die Position im

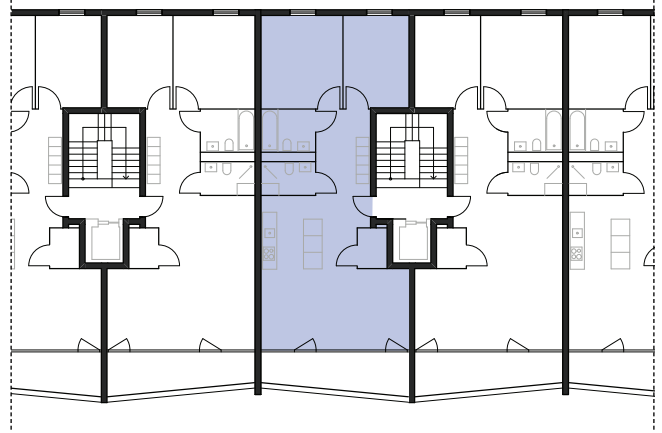


Abb. 3.12: Grundrissausschnitt des Wohngebäudes Jolimont mit Erschließung über den Treppenraum

Plan: NOMOS

Gebäude und der Abstand der Gebäudekerne untereinander haben Auswirkungen auf die Flexibilität und die Unterteilung der Geschossflächen in Nutzungseinheiten. Mit Einhaltung von max. 400 m² Grundfläche je Nutzungseinheit gelten gemäß MBO vereinfachte Anforderungen an den vorbeugenden Brandschutz, wie zum Beispiel an Trennwände und die Bildung von Flucht- und Rettungswegen. Wenige, zentral angeordnete Sanitärebereiche – häufig in räumlicher Nähe zu den Gebäudekernen – stehen der hohen gebäudetechnischen Ausstattung der Büronutzungseinheiten mit mechanischen Lüftungssystemen und einer hohen Vernetzung elektrischer Medien gegenüber. Diese werden teilweise sichtbar oder verdeckt in Deckenbereichen oder aufgeständerten Böden geführt [3-24]–[3-26].

Bürogebäude sind einem dauerhaften Veränderungsprozess ausgesetzt. Ziel muss es sein, diese mit einer hohen Flexibilität zu entwerfen, um kurzfristig den verschiedenen Ansprüchen von Nutzern und ihren Arbeitsprozessen und -strukturen gerecht zu werden.

3.4.1.2 Wohngebäude

Kaum eine Nutzungsart hat so vielfältige Erscheinungsformen, wie das Wohnen. Angefangen vom Einfamilienhaus über das Reihenhäuser bis hin zu Mehrfamilienwohngebäuden mit unterschiedlichen Erschließungsmöglichkeiten sowie dem Wohnen in Hochhäusern. Gerade das städtische Wohnen muss heutzutage den unterschiedlichen Lebensmodellen mit vielfältigen und flexiblen Wohnungstypologien gerecht werden. Zu Singles, Studierenden und klassischen Kleinfamilien gesellen sich Patchwork-Familien, (Alters-)Wohngemeinschaften oder Generationen übergreifende Gemeinschaften. Zusätzlich verschwimmen mit dem „Homeoffice“ der digital



Abb. 3.13: Wohngebäude europan BA4 Permoserstraße | BLAUWERK Architekten GmbH | Ingolstadt (D) | 2015

Foto: Florian Schreiber | München

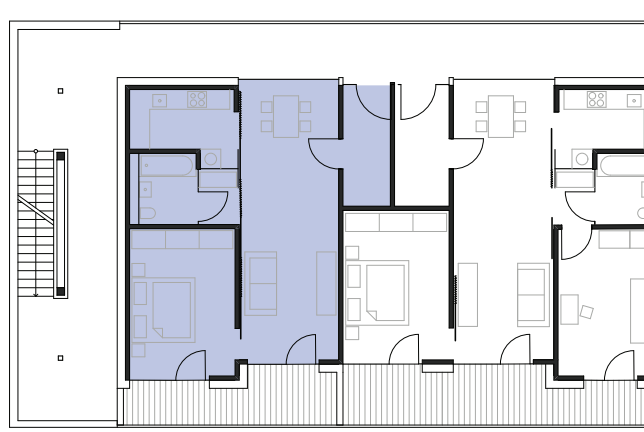


Abb. 3.14: Grundrissausschnitt des Wohngebäude europan BA4 Permoserstraße mit der Erschließung über Laubengänge

Plan: BLAUWERK Architekten GmbH

vernetzten Gesellschaft die Grenzen zwischen Wohnen und Arbeiten zunehmend. Dies spiegelt sich in verschiedenen Wohnungsgrundrissen mit und ohne Freiflächen wider und drückt sich in der inneren Organisation, im Öffnen und Schließen von Räumen, in der Verbindung und Gruppierung von Räumen, in der Verbindung oder Vereinzelung von Funktionen und nicht zuletzt in Wegen und in Blicken aus.

Neben der Vielfalt von inneren Organisationsformen hat sich durch die rationelle Ausnutzung teurer Grundstücke in den Städten der Geschosswohnungsbau entwickelt. Als komplexes, gestapeltes Raumgefüge bilden Geschosswohnungsbauten ein Beziehungsgeflecht aus Wohnungen, Erschließungsflächen sowie privaten und gemeinschaftlichen Freibereichen. Die Bezüge der einzelnen Flächen werden über die Erschließung hergestellt, die als Spänner- oder Laubenganglösung ausgeführt werden. Auch in der Wohnung teilt sich der Raum in Orte des Miteinanders und Orte des intimen Rückzugs – in Gemeinschafts- und Individualräume – auf.

Im Vergleich zur Typologie Bürobau verändert sich das Wohnen nur träge. Die klare Zuordnung der Räumlichkeiten nach Individual- und Gemeinschaftsräumen wird im Wohnungsbau auch zukünftig mit nur leichten Veränderungen – Reduktion des Flächenbedarf der Individualräume zu Gunsten von Wohnküchen als Mittelpunkt des gemeinschaftlichen Zusammenlebens – Bestand haben. Aufgrund der hohen räumlichen Vielfalt passen sich Wohnungsgrundrisse leicht an Nutzervorgaben an. Das vereinfacht das Wohnen als Nachnutzungsstrategie in die Planung einzubinden. Gleichzeitig erschwert die Grundrissvielfalt eindeutige Planungsparameter für den Wohnungsbau als Nachnutzung festzulegen und so Vorgaben für eine Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäuser zu formulieren.

Konstruktiv wird der Geschosswohnungsbau häufig mit parallelen, tragenden Mittelwänden oder mit Querwänden in Schottenbauweise hergestellt. Die Wahl der Konstruktion beeinflusst den Grundriss weitgehend. Mittelwände legen Flurgrundrisse entlang der Mittelwand nahe, Querwände implizieren Grundrisse in Raumgruppen. Die Gebäudetiefe ist abhängig von der Wahl und Position der Erschließungsform sowie der Größe und der Struktur der Wohnungsgrundrisse. Je nach Gebäudetiefe und Wohnungsgrundriss sind erhöhte Raumhöhen für eine ausreichende Belichtung mit Tageslicht der mittig liegenden Wohnbereiche erforderlich.

Im Wohnungsbau ist ein gleichmäßiges Konstruktions- oder Ausbauraster selten vorzufinden, da sich die Abfolge identischer Raumgrößen entlang der Fassade nicht mit den Größenanforderungen der Individual-, Gemeinschafts- und Nebenräume deckt. Die Anzahl und Lage von Bad und WC ist von der Wohnungsgröße abhängig; die Versorgung mit Tageslicht in den Sanitärbereichen wünschenswert. Je nach Wohnungsstruktur können die Leitungen der TGA in gemeinsamen oder in geteilten Schächten geführt werden.

Die Typologie Wohnungsbau ist durch die hohe Gestaltungsvielfalt und die hohe Anpassungsfähigkeit an räumliche Vorgaben eine häufig gewählte Nachnutzungsstrategie für leerstehende oder vermarktungsschwierige Geschossbauten. Der Wohnraummangel in den Städten trägt dazu bei, dass für umgenutzte Projekte eine hohe Vermarktungsfähigkeit besteht [3-27] [3-28].



Abb. 3.15: Bezirksalten- und Pflegeheim Esternberg | Gärtner | Neururer ZT GmbH | Esternberg (AT) | 2008

Foto: Pia Odorizzi



Abb. 3.16: Grundrissausschnitt des Bezirksalten- und Pflegeheim Esternberg

Plan: GÄRTNER | NEURURER ZT GMBH

3.4.1.3 Wohnheime Senioren

Eine der nachhaltigsten Veränderungen unserer heutigen Welt ist der demografische Wandel. Die Menschen leben heute aus vielfältigen Gründen länger; vor allem aber dank der Fortschritte in der Medizintechnik, Gesundheitsversorgung, Ernährung, Hygiene und durch den technischen Fortschritt im Allgemeinen. Eine Verschiebung der Demographie-Kurve nach oben ist die Folge. Jedoch sind die meisten Wohnbauten nicht auf die Bedürfnisse von Menschen mit Einschränkungen der Sinne, der Mobilität und der kognitiven Fähigkeiten ausgelegt. In den letzten Jahrzehnten sind vielfältige Konzepte mit weniger einschränkenden Wohnformen entstanden, die auf die Bedürfnisse der alternden Gesellschaft eingehen – auch wenn weiterhin ein Großteil der älteren Bevölkerung in Wohnungen und Häusern lebt, um den Wunsch der Selbstbestimmung aufrecht zu halten.

Lag vor vielen Jahren noch ein Problem darin, den Begriff „Altenheim“ klar zu definieren und vom „Altenpflegeheim“ abzugrenzen, so sind in den letzten Jahren viele Kategorien wie Pflegewohnheime, Servicewohnen, Wohnpflege in Gruppen, Hausgemeinschaften, Mehrgenerationenwohnen und viele weitere Unterkategorien hinzugekommen. Das Angebotsfeld wird stetig erweitert und stärker differenziert. Auf die Vielfalt der unterschiedlichen Raumangebote und -konstellationen der einzelnen Hauptkategorien kann nachfolgend nicht eingegangen werden, so dass für die strukturelle Untersuchung die klassische Nutzungskategorie „Wohn- und Pflegeheim“ herangezogen wird. Sie weist in ihrer Typologie durch ihre Größe und Organisationsform Strukturen auf, die an Beherbergungsstätten erinnert. Über eine mittlere Flurfläche werden beidseitig die Wohn- bzw. Pflegeräume erschlossen, die vom Einzelzimmer mit privatem Sanitärbereich bis hin zum Mehrzimmer-Appartement variieren

können. Räumliche Ergänzungsangebote wie Balkone oder Loggien sind üblich, um die Wohnqualität zu stärken. Zentrale gemeinsame Aufenthaltsflächen in Nähe der Erschließungskerne erweitern das räumliche Angebot und schaffen Begegnungsstätten. Die Barrierefreiheit aller Nutzräume ist gesetzlich vorgeschrieben.

Konstruktiv ist der Zusammenhang zwischen der Dimension der Nutzeinheiten und dem Raster des Tragwerks sinnvoll. Da die Trennwände zwischen den Einheiten entlang der Fassade erhöhte schall- und brandschutztechnische Anforderungen erfüllen müssen, können sie entsprechend als massive Wandscheiben wirksam in das Tragwerk eingebunden werden (Schottenbauweise). Die geringe Anzahl an Gebäudekernen sowie die Erschließung über einen mittig liegenden Flur verdeutlicht die Parallelitäten zu kleinteiligen Büroorganisationsformen oder Beherbergungsstätten. Abweichend zu Bürogebäuden ist hingegen die hohe Anzahl an Sanitärflächen, die gleichmäßig über die Geschossebene verteilt sind. Auch wenn die Zusammenführung von Schächten von zwei Einheiten die vertikale Durchdringung der Geschosdecken reduziert, schränkt die Vielzahl der Einheiten die Flexibilität in der Grundrissgestaltung ein.

Die Bevölkerungsschicht der über 50 bis 60-jährigen ist die am stärksten wachsende Gruppierung. Die Bedürfnisse dieser und kommender Seniorengenerationen, lassen sich kaum festmachen. Das Angebot für das „aktive Altern“ wird sich immer mehr als bunte Angebotspalette ausdifferenzieren müssen, um den heterogenen Bedarf zu befriedigen. In flexiblen Grundrisskonzeptionen müssen anpassbare Betreiberkonzepte, Wohnangebote und die technische Versorgungsmöglichkeiten umsetzbar sein [3-29], [3-30].



Abb. 3.17: Studierendenwohnheim Sarphatistraat | FELIX CLAUS DICK VAN WAGENINGEN ARCHITECTEN | Amsterdam (NL) | 2002

Foto: Luuk Kramer fotografie

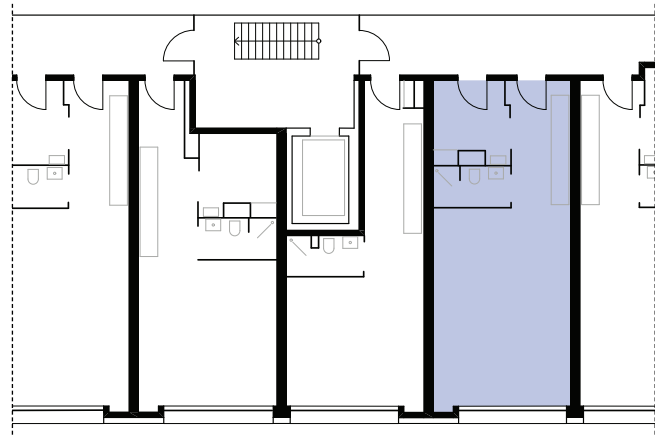


Abb. 3.18: Grundrissausschnitt des Studierendenwohnheims Sarphatistraat

Plan: FELIX CLAUS DICK VAN WAGENINGEN ARCHITECTEN

3.4.1.4 Wohnheime Studierende

Über die Notwendigkeit, vermehrt Wohnheime für Studierende zu schaffen – sie stellen traditionell die preiswerteste Wohnform außerhalb des Elternhauses dar – besteht kein Zweifel. Die seit Jahren kontinuierlich steigenden Studierendenzahlen führen dazu, dass die Wohnraumnachfrage der Studierenden nicht mehr mit dem Wohnraumangebot der Städte übereinstimmt. Angesichts steigender Mieten und des fehlenden Angebotes auf dem freien Wohnungsmarkt bei gleichzeitigem geringen studentischen Budget, stellt die Versorgung der Studierenden mit preiswertem Wohnraum eine elementare soziale Rahmenbedingung des Studiums dar. Auch wenn die Zustimmung der Studierenden zum Wohnheim als geeignete Wohnform sinkt, bewerten die Studierenden die Nähe vieler Wohnheime zu den Universitäten und Hochschulen positiv und profitieren von preisgünstigen Mieten vor allem in Ballungszentren. Die Studierendenwerke erkennen die fehlende Zustimmung zur Wohnform und versuchen mit neuen Konzepten die Attraktivität der Wohnheime zu steigern – trotz beschränktem Baubudget.

Bis ins Jahr 1980 war die Förderung von Wohnraum für Studierende eine Gemeinschaftsaufgabe des Bundes und der Länder, deren Forderungen an Studierendenwohnheime in einer gemeinsamen Richtlinie mündeten. Doch mit Rückzug des Bundes mussten die Länder eigene technische Richtlinien definieren, die sich stark an den bewährten Richtlinien des Bundes orientierten. In den Novellierungen werden unter anderem räumliche Anforderungen an den Individualraum definiert.

Das räumliche Angebot in Studierendenwohnheimen umfasst ein vielfältiges Spektrum. Ausgehend vom Einzelzimmer mit gemeinschaftlicher Küche und Waschräumen

bis hin zu Vollapartements mit privatem Sanitärbereich und Kochnische. Abweichend von Einzelapartements sind in vielen Studierendenwohnheimen auch die Wohngemeinschaft als Wohnform zu finden, die mit den Grundrissen der Nutzungsart Wohnen weitestgehend identisch ist. Allen ist gemein, dass das Studierendenwohnen auf beengtem Raum mit einem geringem Komfortanspruch stattfindet.

Konstruktiv sind Wohnheime für Studierende mit denen für Senioren vergleichbar. Entlang der Fassade sind Individualräume angeordnet, die über einen mittel- oder fassadenseitigen Flur erschlossen werden. Trennwände zwischen den Nutzungseinheiten müssen die erhöhten Anforderungen an den Schall- und Brandschutz erfüllen. Bereiche wie ein gemeinschaftlicher Wohnraum oder eine Gemeinschaftsküche ergänzen das räumliche Angebot.

Ein ausreichendes Angebot an studiengerechtem Wohnraum ist fundamentaler Bestandteil einer sozial definierten, zukunftsorientierten Bildungspolitik. In diesem Zusammenhang muss auf die Aufgabe und die Bedeutung der Studierendenwerke für die Bereitstellung einer sozialen Infrastruktur der Hochschulen hingewiesen werden. Der geringe Komfortanspruch an studentisches Wohnen kann als geeignete Ausgangslage für eine kostengünstige Nachnutzung von (leerstehenden) Immobilien gesehen werden [3-31], [3-32].

3.4.1.5 Beherbergungsstätten

Seit Jahrtausenden dienen Gebäude wie Herbergen, Pensionen, Pilgerstätten, Gasthäuser und Hotels Reisenden als kurzfristige Bleibe. Während Herbergen, Pensionen oder Gasthäuser eher kleinere Gebäude mit einfacher Ausstattung assoziieren, umfasst der Begriff Hotel wei-



Abb. 3.19: Alpenhotel Ammerwald | Oskar Leo Kaufmann + Albert Rűf | Reutte (AT) | 2009
Foto: Adolf Bereuter | Dornbirn

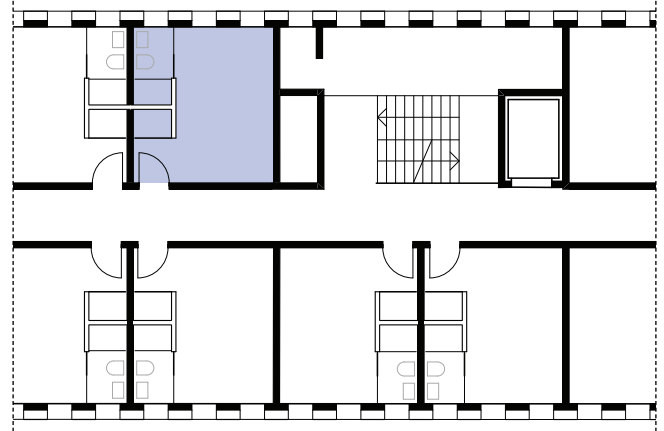


Abb. 3.20: Beispielhafter Grundrissausschnitt des Alpenhotels Ammerwald
Plan: Oskar Leo Kaufmann © ZT-GmbH + Albert Rűf

terführende Dienstleistungen und impliziert eine höhere Seriosität. Die Planung heutiger Hotels reduziert sich häufig auf den Betrieb innerhalb des Standards einer Hotelkette. Dabei ist das Grundgerüst plus Hülle, wofür der Architekt beauftragt wird, und die Ausstattung, die dem Innenarchitekten mit einem engen Korsett des Betreibers überlassen bleibt, voneinander getrennt. Bei kaum einer anderen Bauaufgabe tritt das Gebäude gegenüber dem Ausbau derart in den Hintergrund.

Den meisten Beherbergungsstätten ist gemein, dass in den Regelgeschossen die Gästezimmer über einen mittig liegenden Flur erschlossen werden. Die typische Raumabfolge im Beherbergungsraum beginnt mit einem Sanitärblock unmittelbar neben der Zimmertür, wo sich zusätzlich Garderobe und Stauflächen befinden. Im eigentlichen Beherbergungsraum sind neben dem Gastbett standardmäßig ein Schreibtisch mit Sitzmöglichkeit vorzufinden. Anordnung und Anzahl des Mobiliars sowie Abmessungen der (Zwischen-)Flächen geben u.a. Antworten auf den Zimmerkomfort und somit auf den Qualitätsstandard der Beherbergungsstätte. Um sich im Konkurrenzkampf um Gäste abzusetzen, wählen Hotelbetreiber verstärkt vom Standard abweichende Raumkonfigurationen, die neben der Ausstattung als Wiedererkennungsmerkmal die Gäste von einem weiteren Besuch überzeugen sollen.

Nachfolgend wird sich auf die zuvor beschriebene Standardkonfiguration von Beherbergungsräumen beschränkt, die einem Qualitätsstandard von zwei bis drei Sternen entspricht. Abweichende Standards bis hin zu Hostels und Jugendherbergen werden außer Acht gelassen.

In der Gebäudestruktur und der Organisation des Innenraums finden sich zwischen Hotels und Wohnheimen viele Parallelitäten. Eine deutliche Abweichung stellt

das erhöhte Angebot von Gemeinschaftsflächen und der Versuch den Flur als Begegnungsort mit einer hohen Tageslichtversorgung in Wohnheimen dar. Betreiberkonzepte von Beherbergungsstätten zielen in der Regel auf ein möglichst positives Flächenverhältnis von Beherbergungsräumen zu Erschließungs- und Nebenräumen, bei dem sich Raumqualitäten meist auf den Beherbergungsraum und Zonen im Foyer beschränken.

In Hotels manifestiert sich mehr als in anderen Typologien der jeweilige Zeitgeschmack – Experten stellen einen siebenjährigen Innovationsturnus fest, dem sich jedes Hotel unterwerfen sollte. Notwendige Umbauten beschränken sich jedoch häufig auf den Beherbergungsraum und die Oberflächen zentraler Flächen. Von aufwendigen Eingriffen in die Gebäudestruktur wird abgesehen, um den Hotelbetrieb nicht unnötig zu stören [3-33].

3.4.1.6 Gewerbeeinheiten

Gewerbeeinheiten dienen überwiegend gewerblichen Zwecken. Hierunter fallen beispielsweise Arztpraxen, Supermärkte, Läden für den Einzelhandel, Sportangebote, Büroflächen mit Kundenkontakt oder gastronomische Angebote. Gewerbeeinheiten sind in Geschossbauten in der Regel auf Erdgeschossniveau angeordnet, um einerseits einen visuellen Bezug zum und die direkte Erschließung über den Straßenraum herzustellen. Die räumliche Struktur der Gewerbeeinheiten richtet sich in der Regel nach der Struktur der Ober- bzw. Regelgeschosse, so dass keine größeren Aufwendungen in der Tragstruktur im Übergang von Ober- zu Erdgeschossen notwendig sind. Üblicherweise werden die Flächen der Einheiten im erweiterten Rohbauzustand vermietet, da je nach Nutzung die Einteilung der Fläche und der Ausbau variieren. Die lichte Raumhöhe sollte überhöht aus-

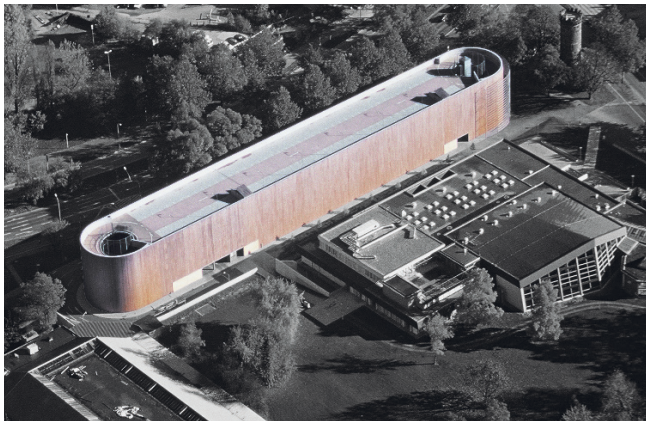


Abb. 3.21: Parkhaus am Bollwerksturm | MGF Architekten GmbH | Heilbronn (D) | 1998

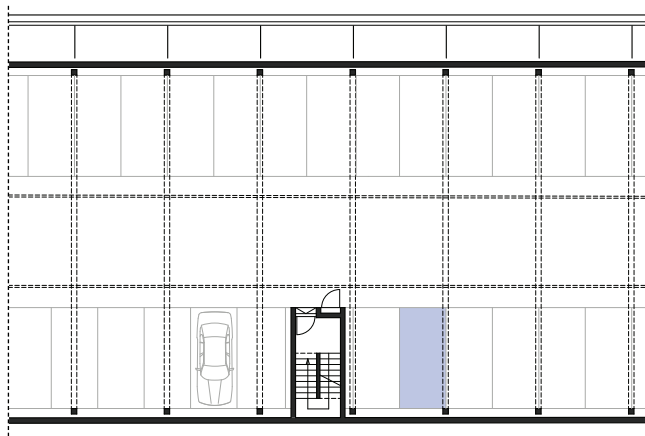


Abb. 3.22: Grundrissausschnitt des Parkhauses am Bollwerksturm
Plan: MGF Architekten GmbH

gebildet werden, um eine angenehme Raumwirkung bei größeren oder zusammengefassten Einheiten erzielen bzw. um ausreichend Installationsraum über einer abgehängten Unterdecke für die Verteilung der Medien anbieten zu können. Abhängig von der Größe der Fläche verfügen die Einheiten über einen Hauptzugang und einen weiteren baurechtlich geforderten zweiten Ausgang. Anforderungen werden neben der MBO in der Muster-Versammlungsstätten-Verordnung (MVStättVO) [3-34] sowie der Muster-Verkaufsstätten-Verordnung (MVKVO) [3-35] geregelt.

3.4.1.7 Parkhäuser

Mit der Entwicklung des Autos und der Massenmotorisierung im 20. Jahrhundert wandelten sich die Anforderungen an das Abstellen von Fahrzeugen. Der zunehmende Individualverkehr erforderte mehr Parkflächen im Stadtraum. Die im Genehmigungsverfahren bedingte Forderung nach Stellplätzen sowie der Wettbewerb um verfügbare Flächen und Bauräume in den Städten brachte verschiedene Entwicklungstendenzen hervor wie Parkhäuser, (integrierte) Tiefgaragen bis hin zu automatisierten Parksyste-men. Sie führten zu dem stadtplanerischen und gesellschaftlichen Konflikt, wie viel oder wie wenig Parkraum dem Auto zuzubilligen ist.

Parkieranlagen erscheinen vereinfacht gesehen als eine Kombination aus rechteckigen Stellplätzen und den dazugehörigen Fahrgassen. Doch daneben sind die Orientierung, Benutzerfreundlichkeit, eine betreibergerechte Ausführung sowie eine technische und wirtschaftliche Ausführung entscheidend. Dies trifft zu, wenn die Planung nach den Grundregeln einer Verkehrsanlage und nicht nach einem Raster einer darüber liegenden Nutzung erfolgt [3-36]. Die geometrische Bemessung von

Parkbauten wird aus den funktionalen Erfordernissen beim Fahren und Rangieren der einzuparkenden Fahrzeuge sowie beim Ein- und Aussteigen der Insassen abgeleitet, die in regional geltenden Regelwerken bzw. in der Muster-Garagenverordnung (M-GarVO) [3-37] als übergeordnete Festlegung von Stellflächen beschrieben wird.

Die Planung und Konstruktion von Parkbauten wird weitestgehend von der Verkehrsführung bestimmt. Strukturell sind Skelettbauten für Parkhäuser sinnvoll, da sie die Verkehrsführung am geringsten beeinträchtigen, wenn das Stützenraster auf den Flächenbedarf der Stellplätze und die Fahrspuren abgestimmt ist. Hierfür werden unterschiedliche Anordnungsvarianten in den Regelwerken vorgegeben, die sich auf die Breite der Stellplätze und Fahrspuren sowie den Abstand zu Bauteilen beziehen. Die Zugänglichkeit ist sowohl motorisiert als auch nicht motorisiert über Rampen bzw. über vertikale Erschließungselemente je nach Nutzungsfrequenz herzustellen. In der M-GarVO werden hierfür unterschiedliche Anforderungen in Abhängigkeit von der Größe der Garage und der Bauweise – offen oder geschlossen – festgesetzt. Die Raumhöhe wird mit einem Minimum von 2,00 m definiert.

3.4.2 Relevanz der Nutzungsarten in Geschossen

Die Planung von mehrgeschossigen Gebäuden bedingt eine Auseinandersetzung mit den Aufgaben und dem Raumangebot der verschiedenen Geschosse. Das Erdgeschoss stellt aufgrund seiner Lage den stärksten Bezug zum umgebenden städtischen Raum her, von dem Nutzungen wie gastronomische Angebote oder Ladenflächen durch die erhöhte Wahrnehmbarkeit profitieren. Für diese werden, meist unabhängig von der eigentlichen Nutzungsart in den Obergeschossen, separate Zugangsbereiche im Erdgeschoss angeboten. Für

die Nutzungsart Wohnen werden die Zugänge in die Obergeschosse meist im Erdgeschoss als erweiterter Treppenraum mit Briefkastenanlage oder Kinderwagenabstellfläche ausgebildet.

Die oberen Geschosse sind als Regelgeschosse für die eigentliche Nutzung ausgelegt. Geschosshöhe und Gebäudetiefe, aber auch das Tragwerk und mögliche Ausbauraster sind auf die Anforderungen der Nutzungsart abgestimmt. Meist gibt das Regelgeschoss auch die räumlichen Abmessungen und strukturellen Vorgaben für die darunterliegenden Geschosse vor. Das Dachgeschoss kann je nach Nutzungskonzept als Regelgeschoss fungieren oder besondere Aufgaben übernehmen, wie beispielsweise Versammlungsräume, gastronomische Angebote oder Sportmöglichkeiten. Das Untergeschoss ist nur für Räume ohne dauerhaften Aufenthalt nutzbar,

da gemäß § 47 Absatz 2 MBO ein Tageslichtbezug für Aufenthaltsorte gefordert wird. Daher sind für das Untergeschoss häufig Nebennutzungen wie Lagerflächen, Technikräume oder Stellplätze für Fahrzeuge vorgesehen; in seltenen Fällen auch Einkaufsmöglichkeiten.

Die Zuordnung der Nutzungsarten ist von der Lage des Geschosses im Gebäude abhängig. Je nach städtebaulichem Kontext sind Nutzungsarten für einzelne Geschosse problematisch einzustufen, wenn z. B. durch Einblicke in Wohnbereiche die Privatsphäre nicht gewährleistet werden kann. Die Relevanz der Nutzungsarten in den jeweiligen Geschossen fließt über Aussagen zu Häufigkeit und Eintrittswahrscheinlichkeit in die Festlegung der Nutzungen der Geschosse der unterschiedlichen Referenzgebäude ein (vgl. Kapitel 5).

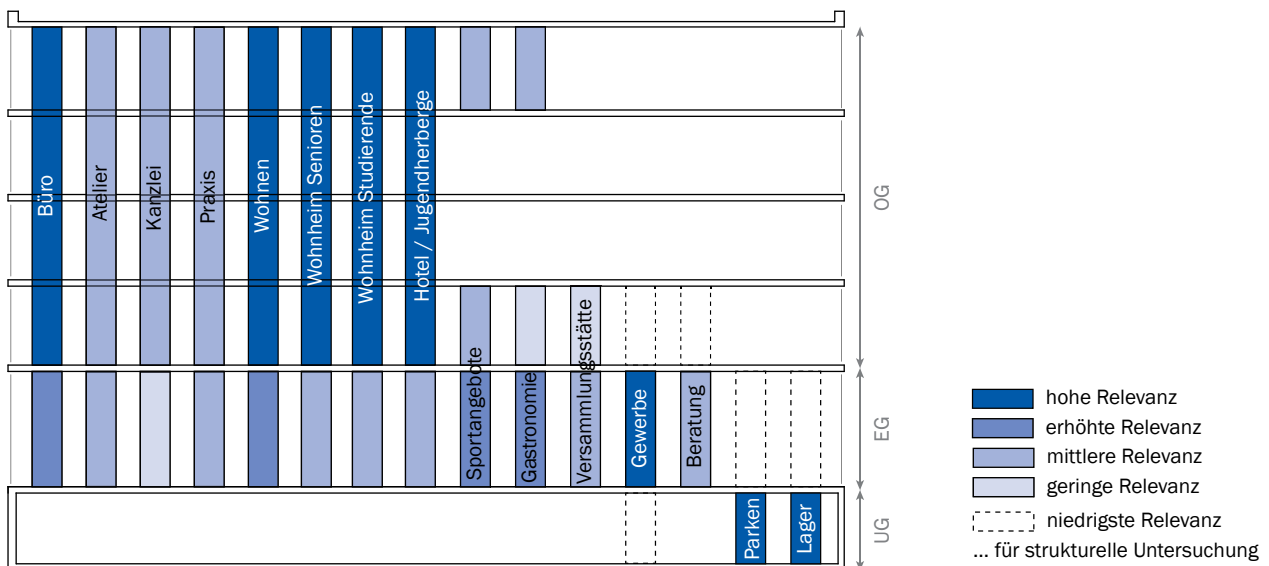


Abb. 3.23: Relevanz typischer städtischer Nutzungsarten im Bezug zu den Geschossebenen von Gebäuden

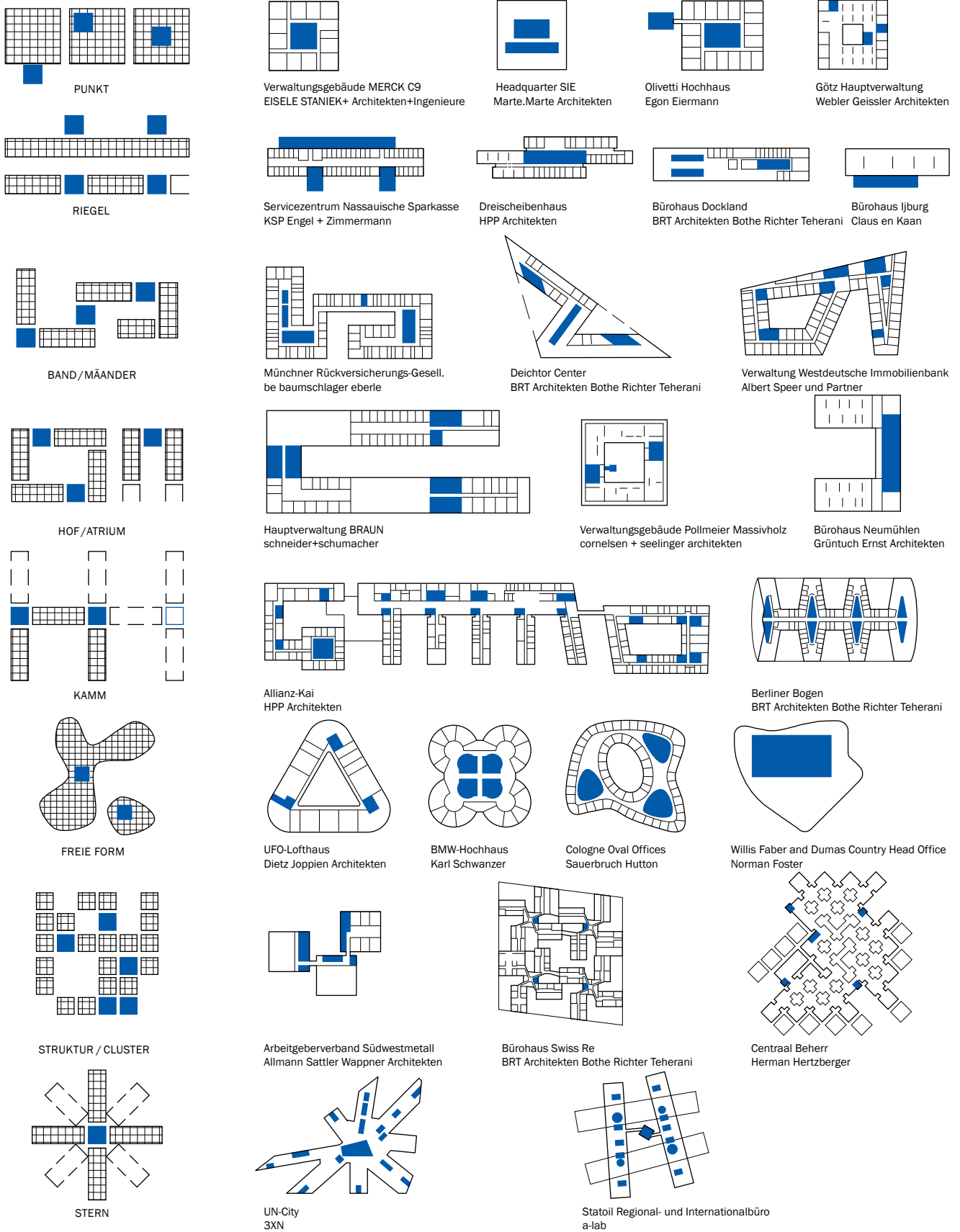


Abb. 3.24: Varianz der Gebäudeform am Beispiel der Nutzungsart Bürogebäude

3.4.3 Gebäudeform

Über die Jahre haben sich aus den funktionalen Anforderungen und baurechtlichen Vorgaben an die verschiedenen Nutzungsarten typologische Gebäudestrukturen entwickelt. Während das Merkmal von Wohnheimen, Beherbergungsstätten, Parkhäusern und in Teilen von Bürogebäuden meist in der gerasterten Aneinanderreihung von Nutzungseinheiten bzw. Nutzungsflächen an einem zentralen Erschließungsbereich liegt, sind Wohnungsgrundrisse und in Teilen die Flächen der großformatigen Büroorganisationen weniger von einem starren Gebäuderaster abhängig. Trotz typologischer Vorgaben sind vielfältigste Anordnungsvarianten entstanden, die sich aus der Gebäudekubatur und -ausrichtung, aus der Art der Erschließung, der Position von Gebäudekernen, aus den Vorgaben von Raumgrößen sowie vieler weiterer Faktoren entwickelt haben. Die in Betracht gezogenen Nutzungsarten sind daher nicht eindeutig einer typischen Gebäudeform zuzuordnen. Zu deutlich hängt die Gebäudeform auch von Grundstückszuschnitt und -größe sowie von den Möglichkeiten der inneren räumlichen Organisation ab. Ein Block, eine Zeile, ein kammförmiges Gebäude oder ein Volumen mit Atrium bieten unterschiedliche Verhältnisse von belichteten und unbelichteten, von Durchgangsverkehr belasteten oder für autonome Einheiten geeignete Flächen. Zentrale oder dezentrale, den Grundriss perforierende oder tangierende Erschließungsmöglichkeiten beeinflussen Erreichbarkeit, Aufteilbarkeit und Nutzbarkeit der Flächen für unterschiedliche Nutzungen. Zusätzlich haben bau- und planungsrechtliche Vorgaben, die sich regional voneinander unterscheiden, einen zu deutlichen Einfluss auf die spätere Gebäudeform, so dass diese stets aus der Summe aller Vorgaben zu entwickeln ist [3-38]. Die Vielfalt in der Festlegung der Gebäudeform ist an Hand der Nutzungsart Büro in Abb. 3.24 schematisch dargestellt.

Im Hinblick auf die hohe Varianz der Gebäudeformen ist es in der gebäudestrukturellen Untersuchung erforderlich, sich für die Überlagerung von Grundstrukturen verschiedener Nutzungsarten zunächst auf eine Gebäudeform zu beschränken. Neben punktförmigen Gebäuden hat sich der Gebäuderiegel als Urform vieler Nutzungsarten aufgrund der optimierten inneren Organisationsmöglichkeiten als Ein-, Zwei- oder Dreibund mit variierenden Gebäudetiefen hervorgerufen. Aus dem Riegeltypus heraus haben sich viele weitere Gebäudeformen in abgewinkelten, (mehrfach-) mäandrierenden bis hin zu strahlenförmigen Variationen gebildet. Allen ist die Längsausrichtung in den einzelnen Teilabschnitten gemein, die sich je nach Konfiguration und Grundstückssituation in eine Vorder- und Rückseite aufteilt. Die längliche Form der Riegelbauten hat zur Folge, dass je nach Nutzungsart die Anzahl und Position der Gebäudekerne variiert. Im Punkthaus reduziert sich die Varianz in der Regel auf die Verschiebung des Kerns von Gebäudemitte an oder vor die Fassade.

Mit der Wahl des Riegels als Gebäudeform der Referenzgebäude werden ein Großteil von typischen städtischen Situationen abgebildet. Neben der Einbindung in Blockrandbebauungen – auch über die Blockranddecke hinweg greifend – finden sich Gebäuderiegel häufig auch in den Stadtstrukturen der Randgebiete wieder, wo sie Ein- und Ausfahrtsschneisen des Individualverkehrs säumen oder städtische Knotenpunkte rahmen. Die Übertragung der Erkenntnisse auf weitere, aus Riegeln zusammengesetzten Gebäudeformen wird jedoch inhaltlich ausgeklammert.

3.4.4 Überlagerung typologischer Grundstrukturen

Im Zusammenspiel von Nutzungsart, Relevanz der Nutzungsart in den Geschossen und Gebäudeform sind in der Überlagerung von Gebäude- und Grundrisstrukturen Unterschiede festzustellen. Diese betreffen vordergründig die Gebäudedimension, die innere räumliche Organisation, Anzahl und Lage der Gebäudekerne, das Tragwerk sowie die Anzahl von Sanitäreinheiten. Die Unterschiede stellen sich in Gebäuderiegeln mit mehreren Versorgungs- und Erschließungskernen gegenüber Punkthäusern mit Nutzungseinheiten um üblicherweise einen kompakten Gebäudekern weitreichender dar.

In der Überlagerung der Grundstrukturen der einbezogenen Nutzungsarten lassen sich für die Planung multifunktionaler Gebäude erste Erkenntnisse ziehen. Allen Nutzungsarten ist die Lage der Hauptnutzungsräume entlang der Fassade gemein, die sich in der Versorgung der Räume mit Tageslicht begründet. In einer gebäudemittig liegenden Zone sind Nebenräume und Erschließungsflächen angeordnet. Die Unterteilung der Geschossflächen von Wohn- und Beherbergungsstätten in Nutzungseinheiten durch Trennwände, die neben bauphysikalischen auch konstruktive Aufgaben übernehmen können, steht der Skelettkonstruktion des Bürobaus entgegen. Starre Wandscheiben schränken eine offene Gestaltung von Büroeinheiten bzw. ihre Flexibilität stark ein. Daher sind Skelettkonstruktionen für die multifunktionale Nutzung von Gebäuden positiver zu bewerten, da die Unterteilung der Geschossebenen im Skelettbau nur durch wenige, konstruktiv notwendige Elemente beschränkt wird. Die Unterteilung in Nutzungseinheiten und -räume ist mittels leichten Trennwänden umsetzbar. Inwieweit die Gebäudedimension, Anzahl und Lage von Treppenräumen oder die Versorgung der Gebäudetechnik anpassungsfähig gestaltet werden können, soll nachfol-

gend bewertet werden. Mit der Bewertung wird das Ziel verfolgt, Parameter zu benennen, die unter Berücksichtigung baurechtlicher und funktionaler Vorgaben verschiedene Nutzungsarten mit geringen räumlichen und funktionalen Einschränkungen als Nachnutzung zulassen. Das Maß der Einschränkung ist jeweils im Zusammenhang mit dem planerischen, konstruktiven, ökonomischen sowie ökologischen Aufwand einzustufen.

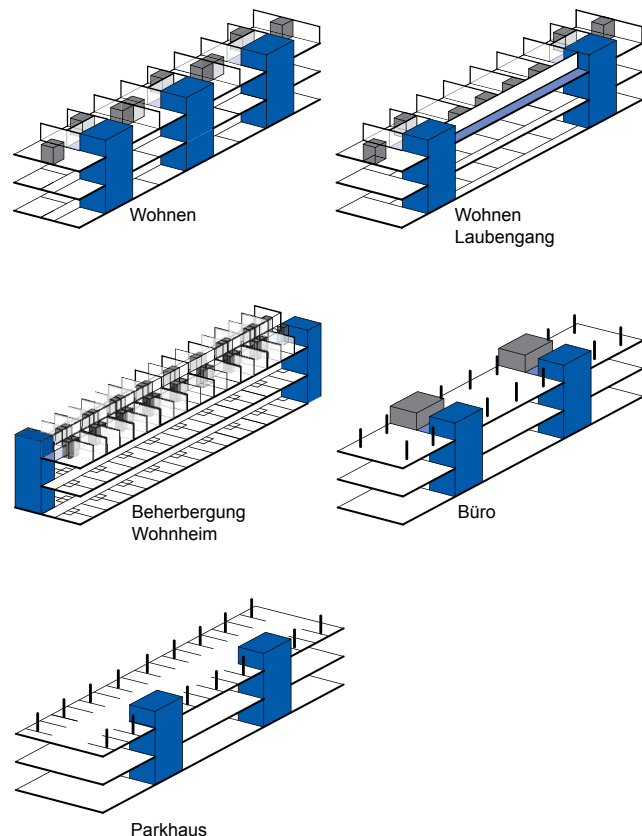


Abb. 3.25: Typologische Grundstrukturen der einbezogenen Nutzungsarten Wohnen, Beherbergungsstätten, Büro und Parken.

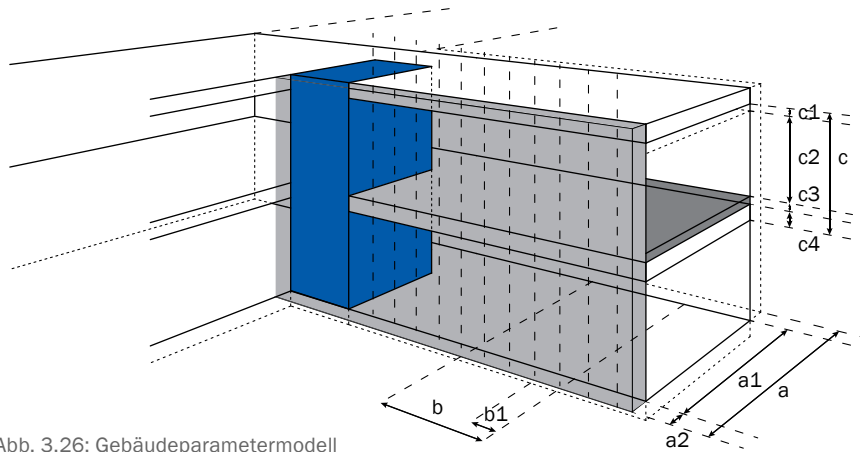


Abb. 3.26: Gebäudeparametermodell

- a Gebäudetiefe = $a_1 + a_2 + a_2$
- a1 lichte Gebäudetiefe
- a2 Fassadentiefe

- b Konstruktionsraster
- b1 Fassadenraster

- c Geschosshöhe = $c_1 + c_2 + c_3 + c_4$
- c1 abgehängte Decke
- c2 lichte Raumhöhe
- c3 Geschossdeckenaufbau
- c4 statisch erf. Deckenhöhe

3.5 Gebäudeparameter

Im Laufe der Architekturgeschichte zeigt sich die Zunahme der Komplexität von Gebäuden insgesamt, wie auch von einzelnen Bauteilen. Die Entwicklung geht von der monolithischen Höhlenarchitektur [...] bis hin zur komplexen, hoch technologisierten und spezialisierten Architektur der Gegenwart, die die hohen Ansprüche unserer heutigen Gesellschaft erfüllt [3-4]. Zu der zunehmenden Spezialisierung von Gebäuden und Bauteilen führen ökonomische sowie ökologische Optimierungsprozesse, die den steigenden Anforderungen gerecht werden – erhöhter Vorfertigungsgrad, Gewichtsoptimierung, verbesserte Dämmeigenschaften bis hin zu Systembauweisen. Baumaterialien und -teile werden für spezialisierte Bauaufgaben stetig (weiter)entwickelt. Dies geht zu Lasten der Anpassungsfähigkeit, wenn sich die Ausführungen nur auf limitierte Anwendungsgebiete beschränken.

Für die Planungsaufgabe eines anpassungsfähigen Büro- und Geschäftshauses müssen die Gebäudeparameter für verschiedene Nutzungsarten anwendbar sein. Mittels überlagerter Betrachtung der einzelnen Parameter können Empfehlungen für anpassungsfähige Gebäudedimensionen und -strukturen formuliert werden. Für einige Parameter sind baurechtlich Grenzwerte festgesetzt. Werden diese für eine Nutzungsart überschritten, führt dies zum Ausschluss dieser Nutzungsart. Werden Sollwerte beschrieben, führt es bei Überschreitung nicht direkt zum Ausschluss, sondern kann zu (deutlichen) funktionalen Einschränkungen führen. Die Bewertung der Gebäudeparameter ist daher stets projektspezifisch zu justieren, abhängig davon, welche Nutzungsarten einbezogen werden. Um zunächst übergeordnete Empfehlungen formulieren zu können, ist nachfolgend von einem Baufeld „auf der grünen Wiese“ auszugehen, um stadtplanerische Vorgaben zunächst auszuklammern.

3.5.1 Gebäudetiefe

Die Gebäudetiefe hat einen maßgeblichen Einfluss auf die innere Organisationsstruktur und die Funktionalität von Räumen. Je nach Tiefe können die Räume einer Nutzungsart mehr oder weniger effizient und somit wirtschaftlich auf der zur Verfügung stehenden Grundrissfläche angeordnet werden. Geringe Gebäudetiefen führen häufig zu einem ungünstigen Verhältnis von Nutz- zu Erschließungsfläche, während zu große Gebäudetiefen – abhängig von der Raumhöhe und der Größe der Fassadenöffnungen – die Bereiche in Gebäudemitte nur ungünstig mit Tageslicht versorgen. Die Tageslichtversorgung von Räumen und Flächen bestimmt bzw. beschränkt deren Nutzungsmöglichkeiten. Voll belichtete Flächen sind für Haupträume der Nutzungsarten, teil- und unbelichtete Flächen nur für Neben- oder Erschließungsflächen geeignet. Dies kann je nach räumlicher Organisation der Nutzungsart Auswirkungen auf die Nutzbarkeit der Flächen haben.

Für die in die Betrachtung einbezogenen Nutzungsarten haben sich über die Jahre geeignete Gebäudetiefen aus der inneren Organisation heraus hervorgetan. Diese sind jedoch nicht an einem festen Wert sondern an einer Bandbreite auszumachen. Diese wird in Gebäudetiefen unterteilt, in denen die Räume einer Nutzungsart mit einer hohen Funktionalität und somit einer hohen Effizienz organisiert werden können und Bereiche mit einer geringeren Funktionalität (vgl. Abb. 3.27). Die teilweise sehr große Bandbreite der Angaben ist in der Zusammenführung mehrerer Untergruppierungen der Nutzungsarten begründet.

Die Gebäudetiefe setzt sich aus dem lichten Maß zwischen den gegenüberliegenden Fassadenflächen sowie den Abmessungen des Außenwandaufbaus zusammen.

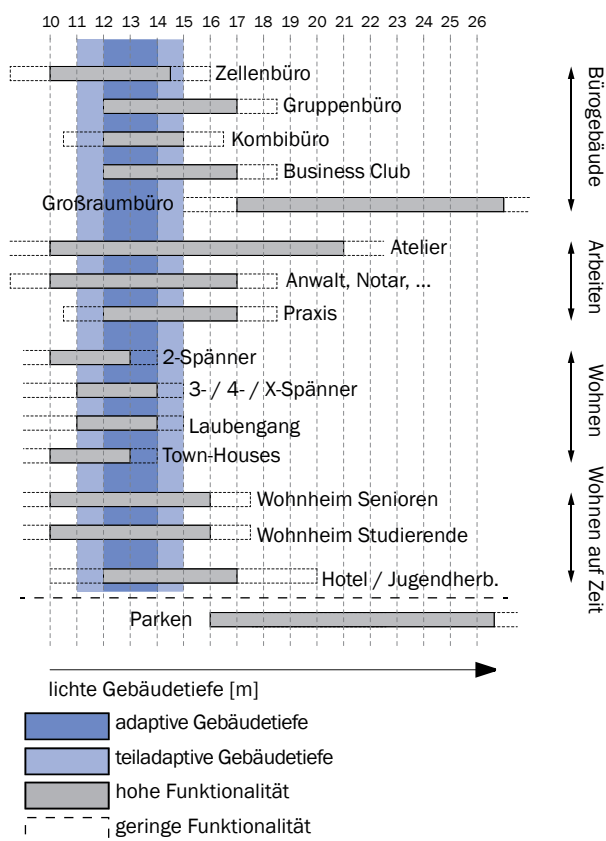


Abb. 3.27: Typische lichte Gebäudetiefen verschiedener Nutzungsarten sowie gemeinsame adaptive Gebäudetiefe

men. Da die Funktionalität der Grundrisse vorrangig im Zusammenhang mit dem lichten Maß der Gebäudetiefe steht, wird im Folgenden mit der Gebäudetiefe die lichte Gebäudetiefe bezeichnet. Auf die Tiefe der Fassade wird in diesem Zusammenhang nicht eingegangen, da sie für die Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäusern zunächst keine Auswirkungen hat. Erst im Zusammenhang mit Sanierungen von Fassaden(teil)flächen wird der Außenwandaufbau zu einem Kriterium der Anpassungsfähigkeit.

Abb. 3.27 verdeutlicht, dass sich für fast alle Nutzungsarten ein gemeinsamer Deckungsbereich zwischen 12 und 14 m ergibt. In diesem lassen sich die Räume fast aller Nutzungsarten (noch) effizient anordnen. Ausgenommen sind Parkgaragen und die Büroorganisationsform „Großraum“, für die deutlich tiefere Gebäudeflächen bevorzugt bzw. benötigt werden. Wohngrundrisse stoßen bei einer Gebäudetiefe von mehr als 13 m an ihre räumlichen Grenzen, da die unterbelichtete Gebäudemitte mit der geringen Anzahl an Nebenräumen schwierig zu belegen ist. Die Nutzungen Büro, Beherbergungsstätten und Wohnheime zeichnet hingegen aus, dass in den Nutzräumen stark frequentierte Bereiche entlang der Fassade und weniger stark frequentierte Bereiche auf der der Fassade abgewandten Seite des Raumes angeordnet werden können. Im Zusammenhang mit der mittig liegenden, horizontalen Erschließung können die Raumproportionen dieser Nutzungsarten deutlich tiefer gestaltet werden als für eine Wohnnutzung.

3.5.2 Gebäudelänge

Im Vergleich zur Gebäudetiefe hat die Gebäudelänge zunächst nur einen geringen Einfluss auf die Funktionalität, da die Nutzung von Räumen vorrangig von der Raumtiefe und ihrer Belichtung abhängt. Die Raumbreite lässt sich über Trennwände variieren. Über die Gebäudelänge wird die mögliche Anzahl von (identischen) Nutzräumen und Nutzungseinheiten entlang der Fassade definiert, wie beispielsweise die Aneinanderreihung gleichmäßiger Beherbergungsräume. Erst im Zusammenhang mit der Größe von Nutzungseinheiten sowie der Anzahl und Lage notwendiger Gebäudekerne wird die Gebäudelänge zu einem Kriterium, das die Funktionalität und die Flächeneffizienz anpassungsfähiger Büro- und Geschäftshäuser beeinflusst (vgl. Abschnitt 3.6).

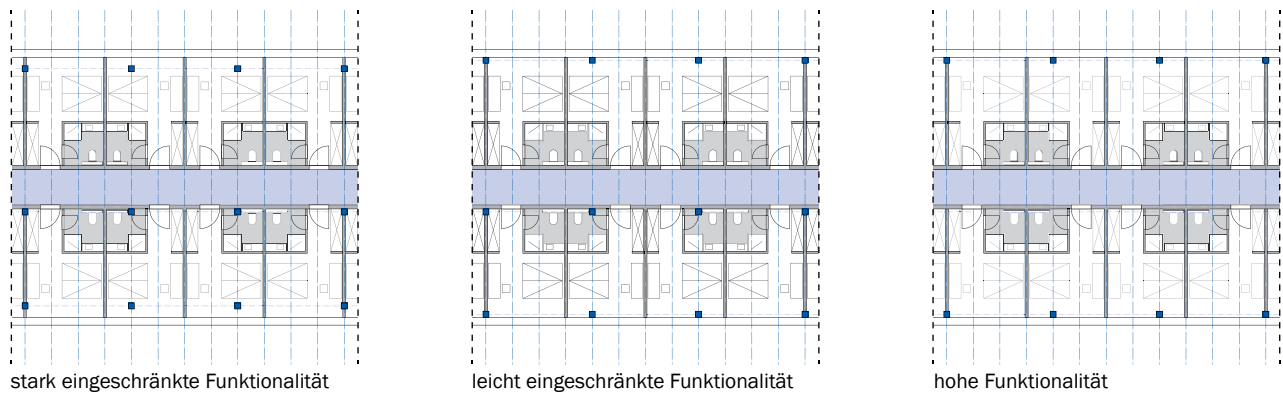


Abb. 3.28: Stark eingeschränkte bis hohe Funktionalität in Hotelzimmern durch die Positionierung der Stützenreihen

3.5.3 Konstruktionsraster

Konstruktionsraster von Gebäuden stehen im engen Zusammenhang mit der Nutzungsart und einem für die Nutzungsart geeigneten Ausbauraster. Es ist in der Regel ein Vielfaches des Ausbaurasters, da die deckungsgleiche und aufeinander abgestimmte Dimensionierung der beiden Raster die Planung der Schnittstellen von Konstruktion und Ausbau vereinfacht. Die einheitliche, räumliche Konfiguration der Nutzräume sowie wiederkehrende Anschluss- und Ausbaudetails sind gerade für den Bürobau im Sinne der Flexibilität und Flächeneffizienz ein wichtiges Entwurfskriterium. Für Beherbergungsstätten, Wohnheime und weitere Nutzungsarten mit identischer Raumabfolge entlang der Fassade ist die Abstimmung des Konstruktionsrasters auf den Abstand der Trennwände zwischen den Raumeinheiten funktional effektiv. Ein unregelmäßiges Konstruktionsraster ist eher im Wohnungsbau zu finden, da die Dimensionierung der verschiedenen Wohnräume – Wohnzimmer, Schlafräume, Sanitärräume – entlang der Fassade üblicherweise variieren. Das Konstruktionsraster von Parkebenen ist in unmittelbarer Abhängigkeit von der Dimension der Stellplätze und der Fahrspur zu wählen. Fehlende Übereinstimmungen können durch die festgelegte Dimension und starre Anordnung von Stellplätzen nur auf Kosten von Stellplätzen korrigiert werden. Je nach Konstruktionsraster sind zwei oder drei Stellplätze in einem Feld anzuordnen.

Die Wahl des Konstruktionsrasters ist neben räumlichen Vorgaben auch von der Konstruktionsart, Materialwahl für das Primärtragwerk und den Spannrichtungen der Geschossdecken abhängig (vgl. Kapitel 4). Stützenfreie Tragwerke bedeuten für die Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäuser Freiheiten in der Zonierung der Grundrisse, die Umnutzungsprozesse vereinfachen.

Werden für das Tragwerk Mittelstützen notwendig bzw. sind Mittelstützenreihen für das Tragwerk als ökonomisch sinnvoll zu bewerten, so ist in der Planung von multifunktionalen Büro- und Geschäftshäuser die Position in Abhängigkeit zu möglichen Grundrisszenarien festzulegen. Die aus Sicht des Tragwerks zunächst als sinnvoll erscheinende symmetrische Anordnung einer Mittelstützenreihe kollidiert mit den Nutzungsarten, die über einen Mittelflur erschlossen werden. Eine asymmetrische Anordnung der Mittelstützenreihe erweist sich für einen Großteil der Nutzungsarten als zielführender, auch wenn die Mittelstützenreihe zu räumlichen Einschränkungen in den Nutzräumen führen kann – vgl. Abb. 3.28. Das Konstruktionsraster der Obergeschosse sollte dabei mit dem Raster von Parkerebenen in Untergeschossen korrespondieren, da ansonsten durch die starren Vorgaben für die Anordnung von Parkflächen erhöhte Aufwendungen für verstärkte Deckenkonstruktionen erforderlich werden.

3.5.4 Ausbauraster

Ausbauraster wirken sich je nach Nutzungsart auf die Flexibilität und Flächeneffizienz von Geschossen aus. Ähnlich der Gebäudetiefe hat das Ausbauraster als aufeinander abgestimmte Unterteilung des Konstruktionsrasters einen dauerhaften und bereits mit Baubeginn nicht mehr korrigierbaren Einfluss auf die Effizienz eines Grundrisses und somit auf die Flächenkosten der Nutzungseinheiten. Ineffiziente, da überdimensionierte Raumeinheiten addieren sich entlang der Fassade auf und können in Summe der Geschosse zu einem überdurchschnittlich hohen Flächenverbrauch führen. Dies ist vorrangig an der Nutzungsart Büro auszumachen, bei der die Flächeneffizienz von dem Platzbedarf der Arbeitsplätze abhängt. In den klein-

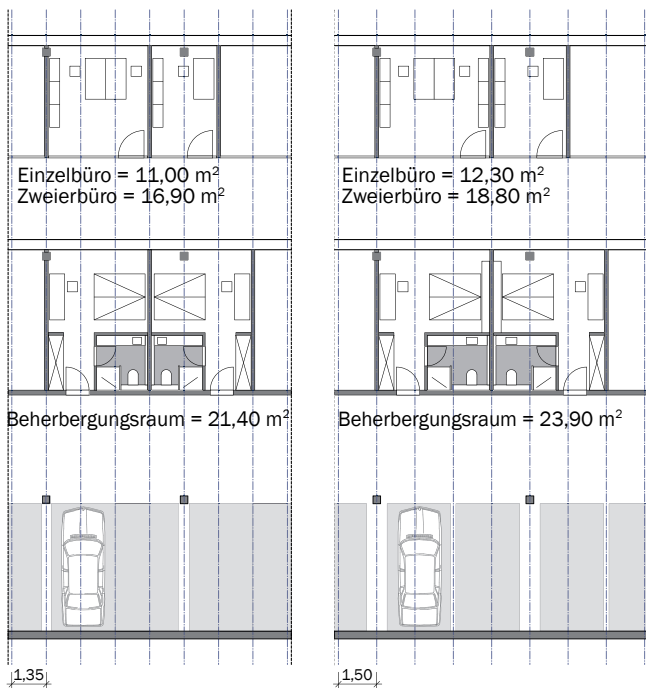


Abb. 3.29: Unterschiedliche Flächeneffizienz bei einem Ausbauraster von 1,35 m (links) und 1,50 m (rechts) für die Nutzungen Büro und Hotel im Zusammenhang mit dem Raster für Parkebenen.

teiligen Büroorganisationsformen haben sich gängige Rastermaße von 1,20, 1,25, 1,35 und 1,50 m durchgesetzt, in denen unterschiedliche Varianten der Arbeitsplätze entlang der Fassade angeordnet werden können. Die Effizienz von alternativen Nutzungsarten ist in der Regel nicht von der kleingliedrigen Unterteilung des Ausbaurasters abhängig.

Für die Planung anpassungsfähiger Büro- und Geschäftshäuser ist die Abstimmung von einer kleinteiligen Rasterung im Bürobau mit den Raumbreiten und dem Konstruktionsraster möglicher Nachnutzungsarten zwingend erforderlich. Ein gängiges Ausbauraster von 1,35 m

mit den Vielfachen 2,70 m, 4,05 m, etc. für mögliche Zimmerbreiten in Beherbergungsstätten, Wohnheimen und Wohnungen kann als hoch anpassungsfähiges Ausbauraster bezeichnet werden. Mit einem Konstruktionsraster von 5,40 m oder 8,10 m können neben einem effizienten Abstand für das Tragwerk auch ein geeigneter Abstand für eine mögliche Überlagerung mit einer Parkebene erreicht werden – vgl. Abb. 3.29. Auch die alternativen Rastermaße können je nach Kombination und Anzahl der einbezogenen Nutzungsarten als anpassungsfähig bezeichnet werden, wenn die räumlichen Vorgaben des Ausbaurasters im Bezug mit den einbezogenen Nutzungsarten steht.

3.5.5 Lichte Geschosshöhe

Die Raumwahrnehmung ist von den drei Dimensionen Raumlänge, -breite und -höhe im Zusammenspiel mit Öffnungen und dem Einfall von (Tages-)Licht beeinflussbar. Während die Länge und Breite von Räumen entwurfsabhängig bestimmt werden, wird nach § 47 Musterbauordnung (MBO) für Aufenthaltsräume eine Mindestraumhöhe im Lichten von 2,40 m gefordert ohne einen Bezug zur Fläche des Raumes zu definieren. Das geforderte Mindestmaß kann für kleinere Raumabmessungen wie im Wohnungsbau als ausreichend gewertet werden. Für größere Nutzräume bedarf es höherer Raumhöhen, um ein angenehmes Raumgefühl zu erzeugen.

In der aktuellen Fassung der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) vom November 2016 [3-39] werden zusätzlich zu den Mindestraumhöhen nach MBO Angaben zur lichten Raumhöhe von Arbeitsräumen in Verbindung mit der Raumfläche gemacht. So werden für die lichte Raumhöhe von Arbeitsräumen bis 50 m² mindestens 2,50 m festgeschrieben und steigert sich in Schritten von 25 cm auf

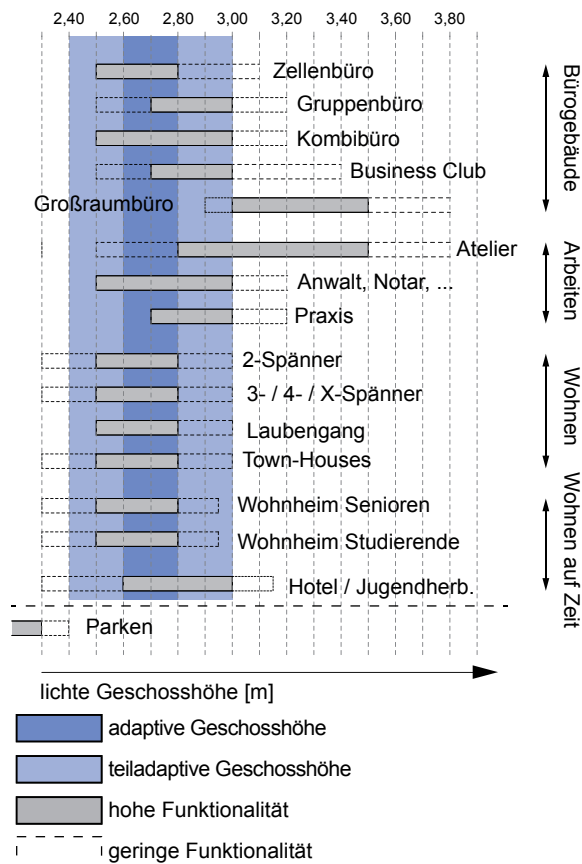


Abb. 3.30: Typische lichte Geschosshöhen verschiedener Nutzungsarten sowie gemeinsame adaptive Geschosshöhe

ein Maß von bis zu 3,25 m für Arbeitsräume von mehr als 2.000 m². In begründeten Fällen kann von den Vorgaben abgewichen werden und die Maße um 25 cm herabgesetzt werden, wenn keine gesundheitlichen Bedenken bestehen. Eine lichte Höhe von 2,50 m darf jedoch nicht unterschritten werden.

Für flexible Bürogeschosse ist eine Abmessung von mindestens 2,75 m als lichte Raumhöhe anzustreben, um die Anforderungen fast aller Büroorganisationsformen zu erfüllen [3-40]. Für die Planung von Beherbergungsstätten werden baurechtlich in der Muster-Beherbergungsstättenverordnung (MBeVo) [3-41] keine separaten Anforderungen an die lichte Raumhöhe der Beherbergungsräume formuliert. Somit sind die Festsetzungen der MBO von mindestens 2,40 m anzusetzen. Auch in den zahlreichen Kriterien der Qualitätskategorien des einheitlichen Hotelklassifizierungssystems „Hotelstars Union“ [3-42], an dem viele europäische Verbände beteiligt sind, werden keine konkreten Anforderungen an die lichte Raumhöhe gestellt. In der Literatur ist hierzu lediglich eine Empfehlung von mindestens 2,60 m Raumhöhe im Lichten für untere Qualitätskategorien formuliert. Eine verringerte Raumhöhe in Zugangs- und Sanitärebenen der Beherbergungsräume kann für die Installationen von Medien der TGA genutzt werden [3-33]. Für Parkebenen wird gemäß § 5 Muster-Garagenverordnung (MGarVO) für Mittel- und Großgaragen gefordert, dass „[...] in zum Begehen bestimmte Bereiche, auch unter Unterzügen, Lüftungsleitungen und sonstigen Bauteilen eine lichte Höhe von mind. 2 m haben“.

Abb. 3.30 verdeutlicht, dass mit einer lichten Raumhöhe von mindestens 2,60 m die funktionalen Anforderungen vieler Nutzungsarten erfüllt werden können. Mit einer für flexible Bürogebäude empfohlenen lichten Raumhöhe von 2,75 m, werden fast alle Nutzungsarten abgedeckt und somit für anpassungsfähige Gebäude geeignet. Die lichte Raumhöhe ist durch die Festsetzung gemäß MBO, ArbStättV und der MGarVO als Grenzwert zu betrachten. Bei Unterschreitung der Mindestwerte führt die fehlende Genehmigungsfähigkeit zum Ausschluss von Nutzungsarten. Obere Grenzwerte werden im Baurecht nicht definiert.

Für die Planung von anpassungsfähigen Büro- und Geschäftshäusern ist die lichte Raumhöhe stets im Zusammenhang mit der Abmessung der Geschossdecke inkl. Aufbau und Abhang zu bewerten. Werden für Nachnutzungen Veränderungen im Geschossdeckenaufbau bzw. -abhang notwendig, kann dies zur Reduktion der lichten Raumhöhe führen. Eine möglicherweise verminderte Funktionalität sowie ungewöhnliche Raumabmessungen können neben der Genehmigungsfähigkeit die Vermarktungsfähigkeit einschränken bzw. ausschließen.

3.5.6 Geschossdecken

Geschossdecken gemäß § 31 MBO sind horizontale, raumabschließende Bauteile, die ausreichend lange standsicher sind und die Brandausbreitung zwischen Geschossen entsprechend den geforderten Qualitäten verhindern. Als Teil des Tragwerks muss die Geschossdecke die Bestimmung von Nutzlasten im Hochbau, die in der Norm DIN EN 1991 Teil 1-1 (EC1-1-1) geregelt wird, erfüllen. Diese unterteilt die Nutzungsarten in vier Kategorien, die in Abschnitt 4.2 vertiefend dargestellt werden. Es zeigt sich, dass für die in Betracht gezogenen Nutzungsarten die zwei Nutzlastniveaus von 3 und 5 kN/m² ausreichend sind.

Neben den konstruktiven Aufgaben müssen Geschossdecken auch die Funktion des Wärme- und des Schallschutzes übernehmen, die im Zusammenspiel von Tragkonstruktion und dem Aufbringen eines gebrauchsfertigen Deckenaufbaus bzw. einer abgehängten Unterdecke erreicht werden. Im Deckenaufbau oder in Hohlräumen von abgehängten Unterdecken erfolgt in der Regel die nicht sichtbare, horizontale Leitungsverteilung der Medien der TGA. Lässt das Deckentragwerk in den Trägern Aus-

sparungen für die Leitungsführungen zu, können Teile der Installation auch in die Konstruktionsebene verschoben werden. Dies kann zur Reduzierung des Geschossdeckenaufbaus führen.

Der Aufbau von Geschossdecken oberhalb der Konstruktionsebene unterscheidet sich in drei typische Konstruktionsarten: Massivböden, Hohlraumböden und Doppelböden. Als vergleichbar unflexibel sind massive Deckenaufbauten, in denen Leitungen oder Leitungstrassen als Unterflurkanal mit begrenztem Installationsquerschnitt im Estrich oder der Trittschalldämmschicht eingelegt werden. Hohlraumböden bestehen aus einer Tragschicht, die auf einer speziellen Unterkonstruktion gelagert wird. Die Unterkonstruktion ist so ausgebildet, dass ein Hohlraum zwischen Tragschicht und Rohdecke zur Durchführung der Installationen entsteht. Zu Revisionszwecken sind Öffnungen in der Tragschicht vorzusehen. Bei Doppelböden handelt es sich um aufgestellte Konstruktionen in einem regelmäßigen Verlegeraster. Einzelne Bodenplatten werden auf höhenverstellbaren Stützen aufgesetzt und erzeugen einen Hohlraum für Installationen. Sie zeichnen sich durch eine hohe Variabilität bezüglich der Verlegung von Installationen und Versorgungsleitungen aus, da der elementierte Boden durch die Herausnahme von Einzelplatten zu Nachrüstungsarbeiten mit geringem Aufwand geöffnet werden kann.

Der für eine hohe Anpassungsfähigkeit notwendige, überhöhte Geschossdeckenaufbau wirkt sich über die Zunahme der Geschoss- bzw. Gebäudehöhe auf die Baukosten aus – vgl. Kapitel 6. Die Wahl von Hohlraum- und Doppelböden, die für flexible Büro- und Geschäftshäuser als geeignete Maßnahmen zu betrachten sind, ist daher projektspezifisch im Zusammenhang mit dem Vorteil einer erhöhten Anpassungsfähigkeit für

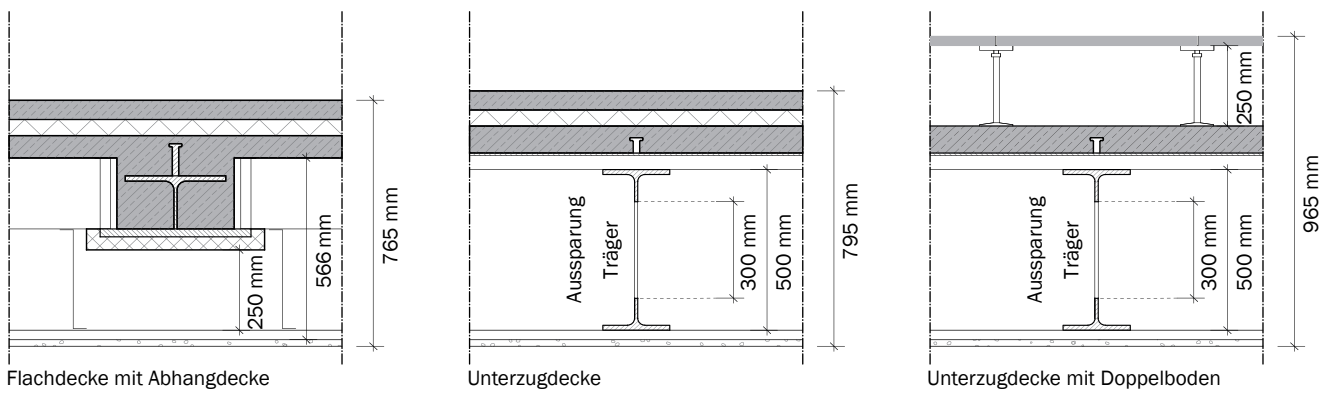


Abb. 3.31: Raumbedarf von Deckentragwerken inklusive Installationsraum für Elemente der TGA

Nachnutzungsstrategien zu bewerten. Für Wohnräume und Beherbergungsstätten sind Hohlraum- und Doppelböden eher unüblich, da im Wohnen die gebäudetechnischen Anforderungen geringer sind und sich die Verteilung der Medien in Beherbergungsstätten auf den Flur und Zugangsbereich der Beherbergungsräume beschränkt.

Als abgehängte Unterdecken werden Leichtbaudecken bezeichnet, die unter der eigentlichen Geschossdecke mittels Abhängsystem eingebaut werden. Mit Unterdecken lassen sich die Unterseiten von Geschossdecken verdecken, wenn die Oberfläche der Unterseite nicht den optischen und bauphysikalischen Ansprüchen genügt. Der entstehende Zwischenraum wird meist für Installationen der TGA genutzt. Diese können über Revisionsöffnungen gewartet bzw. können nachträgliche Installationsmaßnahmen ohne größeren Aufwand durchgeführt werden. Häufig helfen abgehängte Unterdecken mit schallabsorbierenden Oberflächen oder mit oben aufgelegten Mineralfaserplatten die Raumakustik zu verbessern.

Die Berücksichtigung des Raumbedarfs von abgehängten Decken inkl. Installationsraum, wie in Abb. 3.31 dargestellt, ist im Entwurfsprozess anpassungsfähiger Büro- und Geschäftshäuser empfehlenswert, da auf veränderte technische oder bauphysikalische Anforderungen mit geringem Aufwand reagiert werden kann. Auch Anforderungen des vorbeugenden Brandschutzes an Installationsräume der TGA lassen sich mittels qualifizierter Baustoffen (nachträglich) erfüllen. Werden jedoch Geschossdecken mit einer Bauteilaktivierung in das Energiekonzept des Gebäudes einbezogen, sind abgehängte Unterdecken hinderlich, da sie den beabsichtigten Effekt stören. In diesem Fall sind für die Installationsräume der Gebäudetechnik gezielt Deckenflächen der Flurbereiche oder Nebenräume zu wählen.

Mit den fortschreitenden technischen Entwicklungen im Ausbau wachsen die Ansprüche an Boden- und Deckenaufbauten. Um zukünftige, nicht vorhersehbare Anforderungen an die TGA im Ausbau von Gebäuden abdecken zu können, sollten räumliche Reserven vorgesehen werden. Diese sind im Zusammenhang mit der Geschosshöhe zu bemessen, um Anforderungen an lichte Raumhöhen nicht zu unterschreiten.

3.5.7 Geschoss- / Gebäudehöhe

Die Geschosshöhe ergibt sich aus den funktionalen Vorgaben an die lichte Raumhöhe der Nutzungsarten, der konstruktiven Höhe des Tragwerkes sowie dem Platzbedarf für den Installationsraum der TGA. Aus der Addition der einzelnen Geschosshöhen eines Gebäudes bemisst sich die Gebäudehöhe. Die Gebäudehöhe ist im Zusammenhang mit möglichen baurechtlichen Vorgaben zu sehen. Höhenvorgaben der Gebäudeklassen bzw. der Hochhaus-Richtlinie, Gebäudehöhen benachbarter Bebauungen oder Vorgaben aus den Bebauungsplänen können als Maßvorgabe die Gebäudehöhe beschränken. Dies kann im Planungsprozess dazu führen, dass Nutzungsarten, deren funktionale und gebäudetechnischen Anforderungen eine verhältnismäßig hohe Geschosshöhe erfordern, bereits in der Planungsphase als Nachnutzung ausgeschlossen werden müssen, wenn dadurch die Gebäudehöhe Grenzwerte überschreitet.

Da eine identische Nutzung aller Geschosse in Geschossbauten eher unüblich ist (vgl. Abb. 3.23) sollten die Obergeschosse als Regelgeschosse entsprechend den Anforderungen der Hauptnutzung(en) dimensioniert werden. Dachgeschosse können aus funktionalen und optischen Gründen leicht überhöht bemessen werden. Für typische Nutzungen im Erdgeschoss, wie Gewerbeeinheiten,

ten oder gastronomische Angebote, werden für den erhöhten Platzbedarf für die Elemente der TGA überhöhte Raumabmessungen bevorzugt. Die Geschosshöhe von Untergeschossen, da in der Regel ohne Aufenthaltsräume, werden aus Kostengründen auf ein Minimum reduziert.

3.5.8 Anpassungsfähige Gebäudestruktur

Aus der Überlagerung der typologischen Grundstrukturen sowie der Bewertung der zuvor beschriebenen Gebäudeparameter ergeben sich für eine anpassungsfähige Geschossstruktur die nachfolgenden Empfehlungen:

- Lichte Gebäudetiefe: 13 m
- Ausbauraster: 1,35 m
- Konstruktionsraster: 5,40 m alternativ 8,10 m
- Lichte Höhe Regelgeschosse: mind. 2,75 m
- Tragwerk: Skelettkonstruktion (mit / ohne Mittelstützenreihe)
- Mittelstützenreihe: asymmetrisch entlang Außenkante Mittelzone
- Ausbau: Leichtbauweise

Die Entwurfsvielfalt bei der Planung von Gebäuden ließe selbstverständlich auch eine alternative Zusammenstellung der Gebäudeparameter zu, mit der sich eine (hohe) Anpassungsfähigkeit darstellen ließe. Der in der Schnittzeichnung (vgl. Abb. 3.32) dargestellte Vorschlag ist daher lediglich als ein Lösungsansatz unter vielen zu verstehen, der für einen Nachweis der Anpassungsfähigkeit herangezogen wird. Unter Hinzunahme weiterer Vorgaben aus dem Städtebau oder durch Form und Größe des Grundstückes könnten alternative Ansätze gelten. Der hier formulierte Vorschlag wird in Kapitel 5 als Grundlage für den Entwurf von drei Referenzgebäuden verwendet und für verschiedene Nutzungen adaptiert.

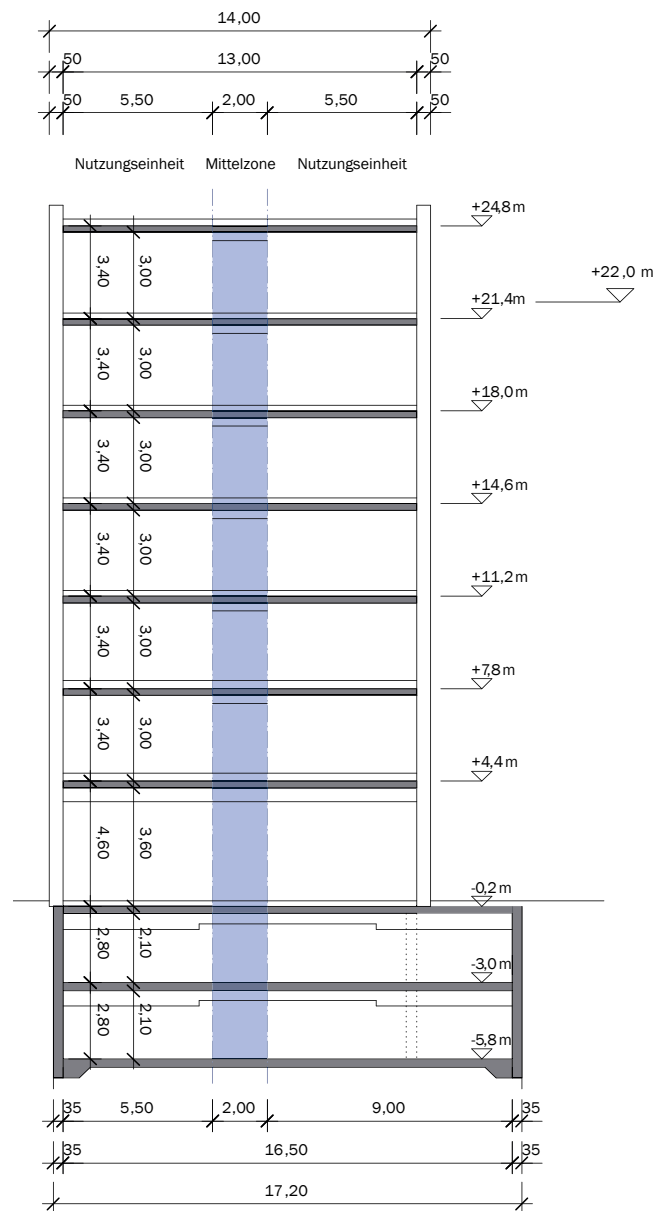


Abb. 3.32: Anpassungsfähige Gebäudestruktur mit sieben oberirdischen und zwei unterirdischen Geschossen

3.6 Planungsparameter

Der Planungsprozess wird neben gebäudestrukturellen Parametern stark von funktionalen Aspekten sowie Vorgaben aus dem Baurecht bestimmt. Ihren Einfluss auf den Entwurfsprozess lässt sich in „harte“ und „weiche“ Parameter unterscheiden. Harte Parameter bezeichnen baurechtliche Vorgaben an die Planung, deren Anforderungen zwingend einzuhalten sind. Nur in Ausnahmefällen kann mit Ersatzmaßnahmen oder Erleichterungen davon abgewichen werden. Mindestanforderungen an die Funktionalität werden in Teilen durch das Baurecht vorgeschrieben, beruhen aber häufig auf Richt- und Erfahrungswerten, die einen Spielraum in der Gestaltung von Räumen ermöglichen. Nachfolgend werden all diejenigen Planungsparameter beschrieben, die Einfluss auf die Multifunktionalität von Büro- und Geschäftshäusern nehmen.

3.6.1 Vorbeugender Brandschutz

Unter dem Begriff Brandschutz werden gemäß § 14 MBO die Maßnahmen zusammengefasst, die der Entstehung eines Brandes oder der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorbeugen und im Brandfall die Rettung von Mensch und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten ermöglichen. Der Brandschutz wird in die Unterkategorien „vorbeugender“ und „abwehrender“ Brandschutz unterteilt. Zum abwehrenden Brandschutz gehören die brandbekämpfenden Maßnahmen der Feuerwehr. Der vorbeugende Brandschutz gliedert sich in den „baulichen“, „anlagentechnischen“ und „organisatorischen“ Brandschutz und behandelt die Maßnahmen zur Erfüllung des § 14 MBO. Im Folgenden wird auf den baulichen Brandschutz eingegangen, dessen Anforderungen in der MBO als Mindestanforderungen erlassen sind.

Das der MBO zugrundeliegende brandschutztechnische Sicherheitskonzept beruht auf dem Prinzip der Abschottung, in dem Bauteile für eine definierte Zeitdauer ihre trennende (und tragende) Wirkung aufrechterhalten müssen. Zu den wesentlichen Kriterien zählen das Brandverhalten der Baustoffe, der Feuerwiderstand raumabschließender Bauteile zur Trennung von Brandabschnitten oder Nutzungseinheiten, sowie die Sicherstellung ausreichender Flucht- und Rettungswege.

Die Anforderungen an den vorbeugenden Brandschutz werden mit Festlegung der Gebäudeklasse – abhängig von der Nutzungsart, der Gebäudehöhe und der Größe sowie Anzahl von Nutzungseinheiten – unterschiedlich bemessen und im Fall von Sonderbauten durch die Sonderbauverordnungen und -richtlinien ergänzt bzw. in Teilen überschrieben. Je höher die Einstufung nach Gebäudeklasse, desto weitreichender sind die brandschutztechnischen Anforderungen. Handelt es sich nicht um Wohn- oder Bürogebäude (oder freistehende land- oder forstwirtschaftlich genutzte Gebäude), definiert die MBO das Gebäude gemäß § 2 Satz 4 MBO als bauliche Anlage oder Räume besonderer Art und Nutzung, die abhängig von den räumlichen Dimensionen besondere Tatbestände erfüllen. Hierzu zählen unter anderem Hochhäuser, Verkaufsstätten, Krankenhäuser, Versammlungsstätten, Schank- und Speisegaststätten, Schulen, Beherbergungsstätten und Industriebauten. In entsprechenden Verordnungen und Richtlinien werden besondere Anforderungen an das Gebäude bzw. das Brandverhalten der Bauteile gestellt oder Erleichterungen gestattet, wenn die allgemeinen Schutzziele gleichwertig erreicht werden.

Büro- und Geschäftshäuser als Geschossbauten fallen – sofern kein Sonderbautatbestand besteht – in der Regel in die Gebäudeklassen 4 und 5. Die Gebäude-

Bauteile	MBO GK4	MBO GK5	MBeVO	MVKVO		MVStättVO		M-GarVO
				Obergeschoss	Erdgeschoss	Obergeschoss	Erdgeschoss	
Tragende Wände + Stützen	HFH	FB	FB	FB	FH	FB	FH	FB
Brandwände	HFH _A	FB _A	FB _A	FB _A	FB _A	FB _A	FB _A	FB
Decke	HFH	FB	FB	FB _↓	FH _↓	FB	FB	FB
Treppe	*	*	*	*	*	*	*	*
Treppenräume notw. Treppen	FHF _A	FB _A	FB _A	FB _A	FB _A	FB _A	FB _A	FB _A
Schachtwände Aufzüge	HFH	FB _↓	FB _↓	FB _↓	FB _↓	FB _↓	FB _↓	FB _↓

* unter mechanischer Beanspruchung
A nicht brennbar
FH = feuerhemmend
HFH = hochfeuerhemmend
FB = feuerbeständig

Tabelle 3.3: Anforderungen des Brandschutzes an Bauteile gemäß MBO und verschiedener Sonderbauverordnungen

klasse 4 wird mit einer Höhe von max. 13 m der Fußbodenoberkante über Oberkante Gelände des höchstgelegenen Geschosses mit Aufenthaltsräumen sowie Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m² begrenzt. Unter die Gebäudeklasse 5 fallen alle Gebäude mit Aufenthaltsräumen bis 22 m über Oberkante Gelände einschließlich unterirdischer Gebäude. Werden als Nachnutzungsstrategie Hotelräume oder Wohnheime einbezogen, wird baurechtlich die Muster-Beherbergungsverordnung (MBeVo) herangezogen, die spezifische, auf die Nutzungsart eingehende Anforderungen stellt. Diese sind in der Planungsphase zusätzlich zu berücksichtigen, da sich die Anforderungen der MBeVo in Teilen gegenüber der MBO erhöhen.

3.6.1.1 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

In den allgemeinen Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen gemäß § 26 MBO werden Baustoffe nach nichtbrennbar, schwerentflammbar und normalentflammbar unterschieden. Bauteile als monolithische oder als zusammengesetzte Elemente verschiedener Materialien werden zusätzlich nach den Anforderungen an ihre Feuerwiderstandsfähigkeit in feuerbeständig, hochfeuerhemmend und feuerhemmend klassifiziert. Die Feuerwiderstandsfähigkeit bezieht sich bei tragenden und aussteifenden Bauteilen auf deren Standsicherheit im Brandfall; bei raumabschließenden Bauteilen auf deren Widerstand gegen die Brandausbreitung. Die Klassifizierung regeln in Deutschland zurzeit gleichberechtigt die ältere deutsche Norm DIN 4102-2 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ und die neuere europäische Norm DIN-EN 13501-2 „Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen“. In den Normen werden die Begriffe der Feuerwiderstandsfähigkeit einer Mindest-

feuerwiderstandsdauer zugeordnet, die in Minuten angegeben wird. Feuerbeständige Bauteile müssen einen Feuerwiderstand von 90, hochfeuerhemmende 60 und feuerhemmende 30 Minuten erfüllen.

In Tab. 3.3 werden die Anforderungen an das Brandverhalten von tragenden Bauteilen in den Gebäudeklassen 4 und 5 gemäß MBO und den Sonderbauverordnungen dargestellt, die in der MBeVo, der MVStättVO, der MVKVO sowie der M-GarVO festgelegt werden. Es ist zu erkennen, dass ein Großteil der Anforderungen von Gebäudeklasse 4 zu Gebäudeklasse 5 gesteigert wird. Im Vergleich mit den einbezogenen Sonderbauverordnungen bleiben die Anforderungen zur Gebäudeklasse 5 identisch. Denn mit den Anforderungen der Gebäudeklasse 5 werden bereits hohe Ansprüche an das Brandverhalten von tragenden Gebäudeelementen erfüllt – ausgenommen die höchsten Anforderungen aus dem Hochhausbau. Im Sinne der Anpassungsfähigkeit ist die Erfüllung der brandschutztechnischen Vorgaben an tragende Bauteile der Gebäudeklasse 5 unabhängig von der Gebäudeart, -größe und -höhe zielführend. So können die brandschutztechnischen Anforderungen an tragende und aussteifende Bauteile Nachnutzungskonzepte ohne Ertüchtigungsmaßnahmen realisiert werden, die durch einen aufwendigen Eingriff in die Gebäudestruktur mit einem monetären und zeitlichen Aufwand verbunden sein können. Als Maßnahmen ließen sich beispielsweise brandschutztechnische Unterdecken, Brandschutzbeschichtungen, -putze oder -bekleidungen nennen.

3.6.1.2 Brandabschnitte

Eine der ältesten und wirksamsten Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes ist die Abgrenzung einzelner Brandabschnitte gegenüber anderen Gebäuden oder -tei-

len. Die Brandabschnitte werden mithilfe raumabschließender Bauteile mit Widerstand gegen Feuer voneinander getrennt. Hierzu zählen unter anderem Wände (Brandwand und Trennwand), Decken, Dächer, Türen, Verglasungen und Abschottungen, die den Brand während einer definierten Zeit auf den von ihnen gebildeten Brandabschnitt begrenzen. Innere Brandwände zur Unterteilung ausgedehnter Gebäude sind gemäß § 30 MBO in Abständen von nicht mehr als 40 m anzuordnen. Die Sonderbauverordnungen der einbezogenen Nutzungsarten legen für die räumliche Begrenzung der oberirdischen Geschosse keine abweichenden Bedingungen fest bzw. formulieren in Teilen Erleichterungen, wenn alternative Voraussetzungen eingehalten sind.

In Gebäuderiegeln kann die Unterteilung mittels innerer Brandwände die Nutzungsflexibilität und -variabilität einschränken. Innere Brandwände wirken sich für die Nutzungsart Wohnen als Spännerlösung, in der Wohnungen in weitestgehend gleichmäßigen Abständen über die vollständige Gebäudetiefe getrennt werden, kaum aus. Für Nutzungsarten, die über einen mittig oder fassadenseitig liegenden Flur erschlossen werden, bewirkt die Position von Brandwänden eine räumliche Zäsur und schränkt die Funktionalität ein. So ist die Position von Brandwänden stets im Zusammenhang aller möglichen Nachnutzungsstrategien im Planungsprozess sinnvoll zu positionieren.

3.6.1.3 Flucht- und Rettungswege

Mit der Festlegung von Flucht- und Rettungswegen wird im Brandfall oder durch andere Gefahren, die eine Räumung des Gebäudes notwendig machen, die Selbstrettung von Personen aus baulichen Anlagen gewährleistet. Gleichzeitig dienen die ausgewiesenen Wege den

Einsatzkräften zur Bergung von Personen (Fremdrettung) bzw. zur Brandbekämpfung. Rauchgase spielen hinsichtlich der Gefährdung eine übergeordnete Rolle, so dass Flucht- und Rettungswege den Anforderungen entsprechend für eine Zeitdauer rauchfrei bzw. raucharm zu halten sind. Dies wirkt sich auf die Klassifizierung von raumabschließenden Bauteilen und Öffnungen in diesen sowie den Abständen untereinander aus.

In der MBO wird gemäß § 33 MBO für Nutzungseinheiten mit mindestens einem Aufenthaltsraum in jedem Geschoss mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungswege ins Freie gefordert. Für Nutzungseinheiten, die nicht zu ebener Erde liegen, muss der erste Rettungsweg über eine notwendige Treppe führen. Der zweite Rettungsweg kann eine weitere notwendige Treppe oder eine mit Rettungsgeräten der Feuerwehr erreichbare Stelle der Nutzungseinheit sein. Von jeder Stelle eines Aufenthaltsraumes müssen die Räume notwendiger Treppen oder Zugänge ins Freie gemäß § 35 MBO in mind. 35 m Entfernung erreichbar sein. Die Anforderungen sind unabhängig von der Gebäudeklasse einzuhalten, wobei für die Gebäudeklassen 1 bis 3 in Teilen Erleichterungen formuliert sind. Die Rettungsweglängen der MBO werden aus Versammlungs- und Verkaufsräumen in der MVStättVO sowie der MVKVO auf 30 m bzw. 25 m verkürzt, da von größeren, ortsfremden Menschenmengen ausgegangen wird. In der MBeVO wird die Länge von notwendigen Fluren mit nur einer Fluchtrichtung, sogenannte Stichflure, gemäß § 6 MBeVO auf 15 m begrenzt (entscheidend ist die Entfernung zwischen dem Zugang zum Beherrbergungsraum und der Öffnung zum notwendigen Treppenraum oder Ausgang ins Freie). Die abweichenden Forderungen sind für die Positionierung von notwendigen Treppenräumen zueinander und zu den einzelnen Aufenthaltsflächen in den Planungsprozess von multifunktionalen Büro- und Geschäftshäusern zu beachten.

In der Sicherheitskaskade der Selbst- und Fremddrettung wird der Übergang von Nutzungseinheit zum notwendigen Treppenraum bzw. zum Ausgang ins Freie als notwendiger Flur bezeichnet. Notwendige Flure müssen gemäß § 36 Absatz 1 MBO von anderen Räumen feuerwiderstandsfähig und raumabschließend getrennt und gegen das Eindringen von Feuer und Rauch geschützt sein, um die Nutzung im Brandfall ausreichend lang zu ermöglichen. Die brandschutztechnischen Qualitäten sind abhängig von der Gebäudeklasse, der Größe der Nutzungseinheit, der Art der Nutzung und der Lage der Räume im Gebäude. Die Breite des notwendigen Flures ist nach dem größten anzunehmenden Personenverkehr zu bemessen.

Grundsätzlich werden ab Gebäudeklasse 3 notwendige Flure gefordert. Innerhalb von Wohnungen oder von Nutzungseinheiten $\leq 200 \text{ m}^2$ sowie bei Einheiten, die einer Büro- oder Verwaltungsnutzung dienen, mit $\leq 400 \text{ m}^2$ Nutzfläche wird die Forderung, Flurflächen als notwendige Flure auszubilden, ausgesetzt. Die MBeVO hingegen fordert gemäß § 6 MBeVO notwendige Flure, um die Sicherheitskaskade für den Räumungsfall der Beherbergungsräume stets über einen sicheren notwendigen Flur zu führen. Die erhöhte Sicherheitsvorgabe begründet sich durch die örtliche Unkenntnis der Beherbergungsgäste. Die Forderung der MBeVO nach einem notwendigen Flur wirkt sich unerheblich auf die Anpassungsfähigkeit von Gebäuden bzw. Geschossen aus, da diese im Umnutzungsprozess in eine Beherbergungsstätte als Leichtbauwände mit erhöhten Anforderungen errichtet werden kann.

Die Anforderungen an die Treppenträume notwendiger Treppen sind entsprechend dem Brandverhalten von Baustoffen und tragender und aussteifender Bauteile abhängig von der Gebäudeklasse (vgl. Tab. 3.3). Hier ist erneut eine Erhöhung der Anforderung zwischen

der Gebäudeklasse 4 und 5 zu erkennen, die sich wiederum weitestgehend mit den Anforderungen der Sonderbauvorordnungen deckt. Im Sinne der Anpassungsfähigkeit ist das Erfüllen der erhöhten Anforderungen der Gebäudeklasse 5 an Treppenträume zielführend.

Unter Einbeziehung der Nachnutzungsart Beherbergungsstätte können sich entscheidende Auswirkungen auf die Multifunktionalität von Büro- und Geschäftshäusern ergeben, da gemäß § 3 MBeVO ein zweiter baulicher Rettungsweg erforderlich ist – sofern insgesamt mehr als 60 Gastbetten bzw. 30 Gastbetten in einem Geschoss vorhanden sind. Ein nachträgliches Erfüllen der Vorgaben kann daher zu tiefgreifenden baulichen Maßnahmen bzw. aus ökonomischen Gründen zum Ausschluss der Option Beherbergungsstätte führen. Ein Verzicht auf den zweiten baulichen Rettungsweg ist laut Bauordnungen nur dann möglich, wenn die Rettung über einen sicher erreichbaren Treppenraum gewährleistet ist, in den kein Feuer und Rauch eindringen kann (Sicherheitstreppenraum). Einen Sicherheitstreppenraum nachträglich in eine bestehende Gebäudestruktur unterzubringen, ist baukonstruktiv und technisch mit einem hohen Eingriff in die Gebäudestruktur und einem hohen ökonomischen und zeitlichen Aufwand verbunden. Im Planungsprozess sind daher der mögliche Bedarf weiterer notwendiger Treppen frühzeitig zu berücksichtigen.

3.6.2 Vertikale und horizontale Erschließung

Erschließungen bezeichnen im Bauwesen neben der infrastrukturellen Nutzbarmachung von Grundstücken und der technischen Infrastruktur eines Hauses insbesondere die Zugangswege und -räume, die es dem Nutzer ermöglichen, Nutzungseinheiten zu erreichen. Die Funktionalität

eines Gebäudes hängt von seiner Erschließung ab. Daher liegt der Kern einer gelungenen Planung in einem schlüssigen Erschließungskonzept. Je nach Bauaufgabe und in Abhängigkeit der Gebäudeform und -typologie, vom Baugrundstück und je nach Anzahl der Nutzer, variieren die Anforderungen an Erschließungswege stark, insbesondere wenn diverse Vorgaben zum vorbeugenden Brandschutz bestehen (vgl. Abschnitt 3.6.1.).

Die Gebäudeerschließung unterteilt sich in vertikale Elemente, die einzelne Ebenen eines Gebäudes miteinander verbinden, und horizontale Elemente, die die Erreichbarkeit der Nutzungsbereiche auf der Ebene regeln. Erschließungsflächen erfüllen primär funktionale Aufgaben, sind in der Regel auch Teil des räumlichen wie gestalterischen Konzepts, wenn es um die Schaffung von Aufenthaltsqualitäten oder Kommunikationsbereichen geht. Sie gehören zu den prägenden und komplexen Komponenten eines Entwurfs und dienen nicht selten als Visitenkarte eines Gebäudes. Neben der rein funktionalen Aufgabe – der Verbindung unterschiedlicher Ebenen – kommt ihr von alters her auch eine metaphorische Bedeutung als Symbol des Aufstiegs, als Übergang in eine andere Welt zu. [3-43]

Im Entwurfsvorgang hat die Klärung der Erschließung eines Gebäudes in der Regel Vorrang vor weiteren Überlegungen. Die Funktion der Haupt-, Neben- oder Fluchttreppe ziehen unterschiedliche Gestaltungsvorgänge nach sich [3-43], [3-44] und richtet sich nach der Bauaufgabe und der Anzahl und Art der potentiellen Nutzer. Die Nutzungseinheiten von Bürogebäuden werden in der Regel über zentrale Treppen- und Aufzugskerne erschlossen. Über den Treppenraum oder eine separate Vorzone werden die einzelnen Miet- / Nutzeinheiten unabhängig voneinander zugänglich gemacht. Ein gemeinsamer Aufzug ist Bestandteil der barrierefreien

Erschließung. Im Wohnungsbau werden je nach Anzahl und Abstand der Gebäudekerne sowie je nach Anzahl der Wohneinheiten, die je Geschoss erschlossen werden, unterschiedliche Erschließungskonzepte notwendig. Die Erschließungsform direkt vom Treppenpodest aus wird als Ein-, Zwei-, Drei- oder Mehrspanner bezeichnet. Abhängig von der Anzahl der zu erschließenden Wohneinheiten ist der Gebäudekern fassadenseitig oder in Gebäudemitte verschoben. Die Verschiebung in Gebäudemitte ermöglicht die Flächen an der Fassade für Wohnräume zu nutzen und bietet im Erdgeschoss die Möglichkeit, die Eingangszone für Briefkastenanlagen und Abstellflächen für Kinderwägen in Richtung Fassade zu erweitern. Bei der alternativen Laubengerschließung führt ein Verbindungsweg vom Treppenpodest entlang der Fassade zu den einzelnen Wohneinheiten. Die Position von Treppe und Aufzug variiert. Üblich ist die Anordnung von Treppenräumen in Verlängerung des Laubengangs oder die Anordnung von Treppenräumen in räumlichen „Taschen“ zwischen zwei Nutzungseinheiten. Aufzüge werden in Abhängigkeit von der Geschosshöhe und der Lage von barrierefreien Wohnungen baurechtlich gefordert. Für Wohnheime und Hotelräume ist die mittig liegende horizontale Erschließung üblich, die zu den einzelnen Beherbergungsräumen entlang der Fassade führt. Die Treppenräume gliedern sich seitlich an den Flurbereich an. Da Beherbergungs- und Wohnräume gegenüber von Gebäudekernen akustische Beeinträchtigungen durch den Personenverkehr erfahren, werden diese Flächen teilweise für die Positionierung von Aufzugsanlagen oder Nebenräumen wie Servicereäume genutzt. Je nach Qualitätsstandard ist für Hotels ein zusätzlicher Aufzug für Serviceleistungen einzuplanen.

Unterschiedliche Anforderungen an den Treppenraum und die abweichenden horizontalen Erschließungsformen erschweren das Erschließungskonzept für multifunk-

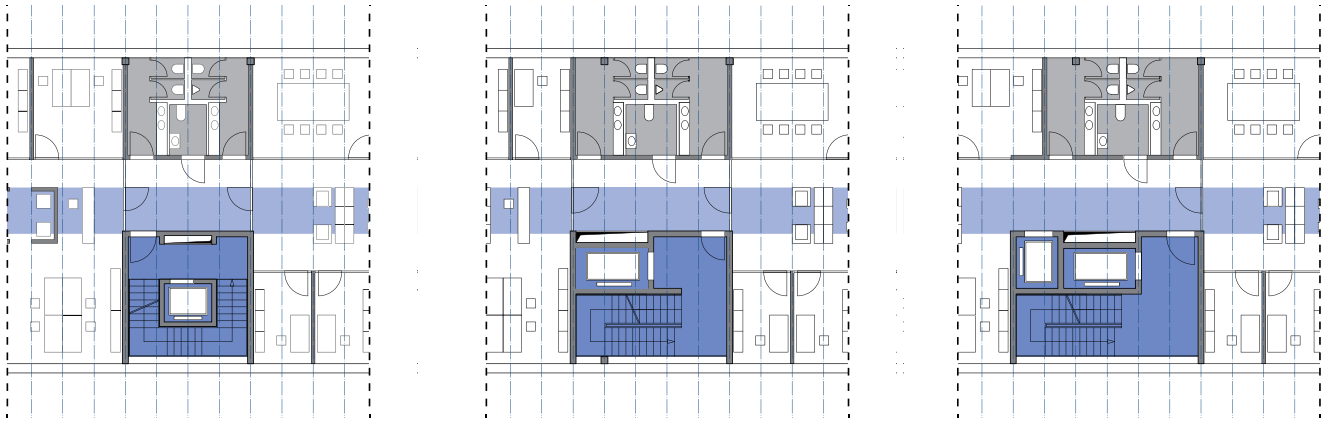


Abb. 3.33: Unterschiedlich hohe Funktionalität und Flächenbedarf von Gebäudekernen mit vertikaler Erschließung

tionale Büro- und Geschäftshäuser einheitlich zu definieren. Das Konzept ist abhängig von den einbezogenen Nutzungsarten festzulegen. Im Sinne einer hohen Anpassungsfähigkeit ist die Lage von vertikalen Erschließungsräumen an der Fassade für alle Nutzungsarten zielführend. In einer Büronutzung erlaubt die fassadenseitige Anordnung, die Nutzungseinheiten auf beiden Seiten des Gebäudekerns zu einer gemeinsamen Einheit zusammenzuführen. In Wohnheimen oder Beherbergungsstätten wird das starre Raster der Nutzungseinheiten nur einseitig unterbrochen; die mittige Flurfläche wird nicht unterbrochen. Für die Nutzungsart Wohnen ist bei beiden Erschließungsvarianten eine fassadenseitige Anordnung umsetzbar; für Laubenganglösungen ratsam. Zusätzlich lassen sich fassadenseitige Treppenräume natürlich belichten und belüften sowie entrauchen. Sie können als Element für die Strukturierung von großflächigen Fassadenabschnitten gestalterisch aktiviert werden.

Während die Lage von Gebäudekernen im Geschoss bei den betrachteten Nutzungsarten einheitlich umsetzbar ist, wirkt sich die Anzahl und der Abstand von vertikalen Erschließungsräumen deutlicher auf die Nutzungsflexibilität aus. Diese sind im Zusammenhang mit den maximalen Rettungsweglängen aber auch mit der Unterteilung in Nutzungseinheiten festzulegen. Speziell für die Nutzungsart Wohnen ergeben sich aus dem Abstand der Gebäudekerne Anforderungen an die Erschließungsform. Sobald es der Abstand von Gebäudekernen nicht mehr zulässt, Wohnungsgrundrisse effizient und funktional zwischen zwei Treppenräumen anzuordnen, können Laubenganglösungen die horizontale Erschließung übernehmen. Die Auswirkungen von Laubenganglösungen sind bei der Definition der Gebäudestruktur und bei der Gestaltung der Fassade zu berücksichtigen.

Neben Position, Anzahl und Abstand der Gebäudekerne ist auch die Funktionalität der Erschließungsräume für die Anpassungsfähigkeit entscheidend. Diese ist abhängig von der Ausrichtung der Treppe bzw. der Treppenpodeste sowie die Anzahl der Aufzüge. In Abb. 3.33 sind drei beispielhafte Anordnungen für Büro- und Geschäftshäuser dargestellt. Besteht die Anschlussmöglichkeit von Nutzungseinheiten lediglich in Gebäudemitte, ist für eine Nachnutzungsoption als Wohngebäude mit Laubengangerschließung ein zusätzlicher Flächenverbrauch für Flurfläche einzuplanen. Mit einem zweiten Aufzug ließen sich beispielsweise eine Hotelnutzung mit unabhängigen Aufzügen für Gäste und Service realisieren. Weiter besteht mit einem zweiten Aufzug die Möglichkeit verschiedene Nutzungen in den Obergeschossen – beispielsweise eine Wohn- und eine Büronutzung – unabhängig voneinander barrierefrei zu erschließen. Die Anforderungen an die Funktionalität von Gebäudekernen frühzeitig im Planungsprozess zu prüfen, erhöht die Anpassungsfähigkeit von Gebäudekernen. Hierzu ist auch die Lage von Versorgungsschächten im Gebäudekern zu zählen.

3.6.3 Fassade

Die Fassade übernimmt als Schnittstelle zwischen Innen- und Außenraum vielfältige Aufgaben. Als hochkomplexes Bauteil besteht die Hauptaufgabe im Schutz des Innenraums vor der Witterung. Die Fassade wird daher häufig mit der menschlichen Haut verglichen, die den Energiehaushalt des Körpers reguliert, indem sie auf sich ändernde Einflüsse und Verhältnisse reagiert. Neben den äußeren Einflüssen sind Fassaden auch internen Beanspruchungen durch die Nutzung des Innenraums ausgesetzt. Während die Außenbedingungen in der Regel durch die spezifischen Gegebenheiten vor Ort nicht be-

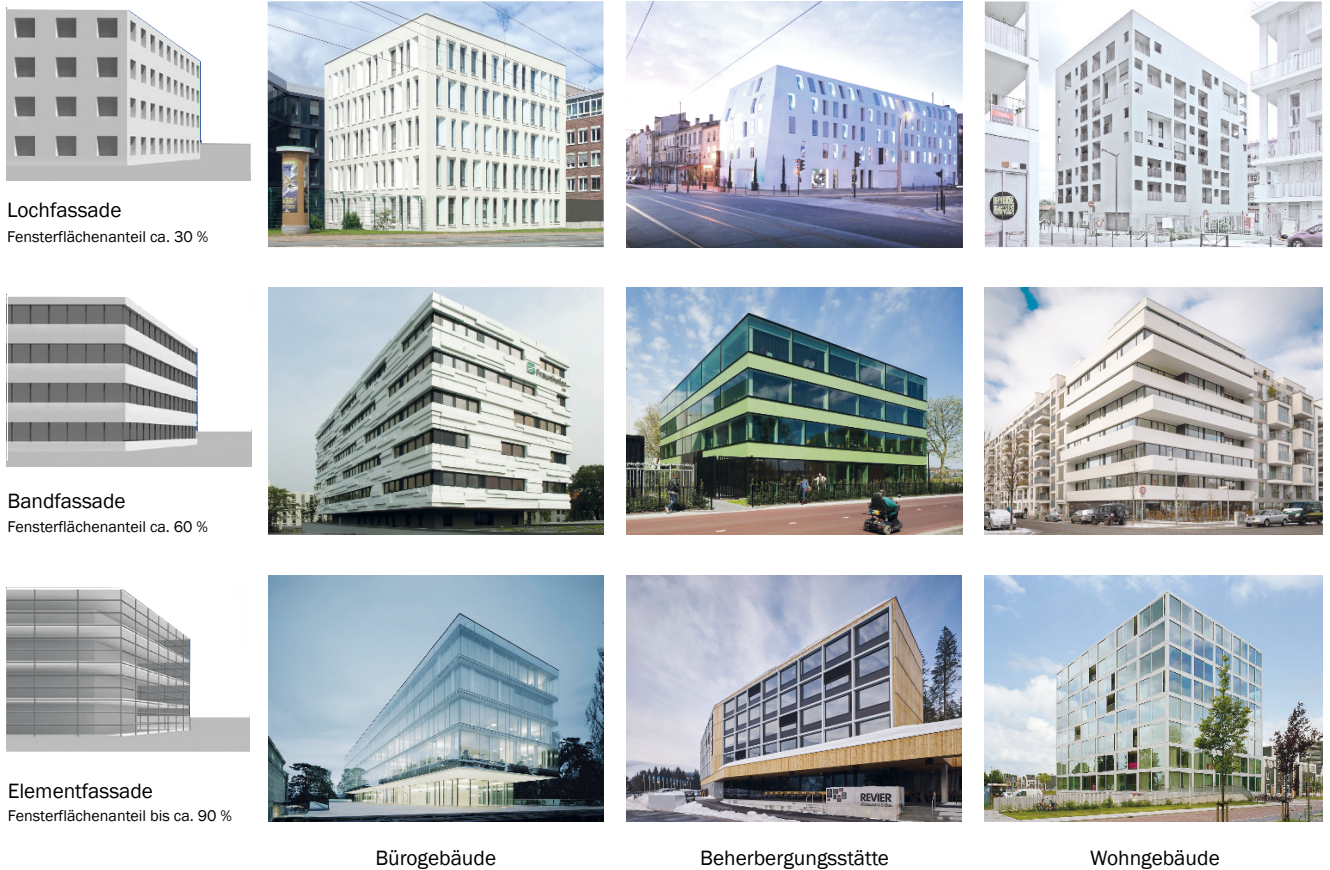


Abb. 3.34: Projektbeispiel für die Fassadenarten sortiert nach den verschiedenen Nutzungsarten

einflussbar sind, sind die Anforderungen an die inneren Bedingungen von vornherein nicht determiniert bzw. Änderungen unterworfen.

Fassaden sind im öffentlichen Raum ein wichtiges Gestaltungselement. Über die Gliederung, Öffnungsanteile und die Materialisierung entsteht ein Corporate Design, das für Nutzer ein wichtiges Merkmal ist. Über die Position

und die Dimension von Öffnungen lassen sich Fassaden in verschiedene Fassadenarten gliedern, die eine Aussage über die Nutzung des Gebäudes nach außen tragen. Neben konstruktiven und materiellen Gesichtspunkten, unterscheidet sich die Gliederung nach Loch-, Band- und Elementfassaden in Bezug auf den Öffnungsanteil [3-24]. Als Lochfassaden werden Fassaden bezeichnet, die mit regelmäßigen Öffnungen massive, opake Wandkonstruk-

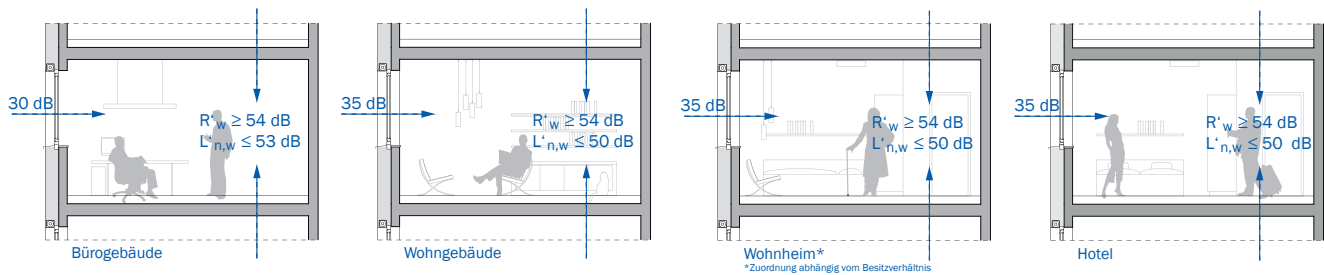


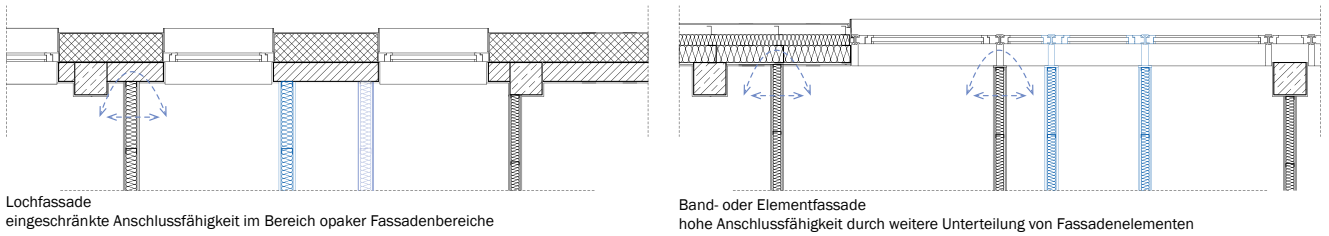
Abb. 3.35: Anforderungen an den Körper- und Luftschall in Räumen gemäß DIN 4109 für einen Lärmpegelbereich III

tionen gliedern. Die Lochfassade stellt im Vergleich zu den alternativen Fassadenarten eine kostengünstige Variante dar. Bandfassaden klassifizieren horizontale, durchlaufende Fensterbänder vor Öffnungen massiver Außenwände. Die Bänder gliedern im Zusammenspiel mit horizontalen Brüstungselementen die Fassade. Als Elementfassaden werden Raumabschlüsse bezeichnet, die aus vorgefertigten, geschosshohen Einzelelementen in opaker, transluzenter oder transparenter Ausführung vor der Rohbaukonstruktion montiert werden. Sie integrieren in der Regel alle erforderlichen Bestandteile in einem Element, wie Brüstungselemente, Deckenkopfbekleidungen und zum Teil öffnbare Fensterfelder.

Die Auswirkung des Öffnungsanteils sowie Position, Dimension und Art der Öffnungen lassen einen Zusammenhang auf die Innenraumqualität herstellen. Jedoch lässt sich über die Fassade zunächst kein direkter Bezug auf die Nutzungsart herstellen. Die Projektbeispiele in Abb. 3.34 verdeutlichen, dass die verschiedenen Fassadenarten für alle in Betracht gezogenen Nutzungsarten relevant sind. Die gestalterische Nähe der Fassaden für verschiedene Nutzungsarten ist in der annähernd identischen thermischen, hygienischen und visuellen Behaglichkeitskriterien bei annähernd identischen konstruktiven, bauphysikalischen und technischen Anforderungen an die Fassade zu begründen. Lediglich die festgelegte Luftschalldämmung $R'_{w,res}$ von Außenbauteilen zur Sicherstellung einer akustischen Behaglichkeit weicht gemäß DIN 4109 ab einem Lärmpegelbereich III für Bürogebäuden gegenüber Wohn- und Beherbergungsstätte ab – siehe Abb. 3.35. Die Abweichung deckt sich mit den Anforderungen an den Körper- und Luftschallschutz an Geschossdecken, wo für Räume mit Ruhe- oder Schlafaktivitäten erhöhte Anforderungen gelten.

Die Wahl der Fassadenart sowie ihre konstruktive Gestaltung hängen vom gewünschten äußeren Erscheinungsbild und den funktionalen Anforderungen der Nutzungsart ab. In Bezug auf die Anpassungsfähigkeit erscheint die Fassade zunächst nur geringfügige Auswirkungen im Planungsprozess für mögliche Nutzungswechsel zu haben. Entscheidender ist die Frage, welche Anforderungen zukünftig an Fassaden gestellt werden. Inwieweit sind steigende Anforderungen an den Wärmeschutz in einem Umnutzungsprozess, der die Fassade einbindet, erfüllbar. Eine Berücksichtigung erhöhter Anforderungen bereits für die Erstnutzung oder geeignete Außenwandaufbauten mit Schraub- und Steckverbindungen vor dem Primärtragwerk, die eine Ertüchtigung oder den Austausch von Fassadenelementen erlauben, sind im Planungsprozess für anpassungsfähige Gebäude hilfreich.

Werden Anpassungen bei der räumlichen Zonierungen im Innenraum notwendig, so sind die drei Fassadenarten unterschiedlich zu bewerten. Während bei Lochfassaden mögliche Verschiebungen von Trennwänden entlang der Fassade auf den opaken Bereich der Außenwand beschränkt sind, stehen bei Band- oder Elementfassaden durch die Elementierung sowie durch weitere, nachträglich in das Fassadenraster eingefügte Unterteilungen der Fassadenelemente zusätzliche Anschlusspunkte von leichten Trennwänden an die Fassade zur Verfügung – gemäß (vgl. Abb. 3.36). Voraussetzung für den Anschluss von (leichten) Trennwänden an den elementierten Fassaden ist die Einhaltung der Vorgaben für den Körper- und Luftschall zwischen Nutzungsräumen und -einheiten über den Fassadenanschlusspunkt. Dieser erhöhte baukonstruktive Aufwand für den Anschluss wirkt sich für die Investitionskosten ökonomisch aus, ist aber im Sinne der Anpassungsfähigkeit als positiv einzustufen.



Lochfassade
eingeschränkte Anschlussfähigkeit im Bereich opaker Fassadenbereiche

Band- oder Elementfassade
hohe Anschlussfähigkeit durch weitere Unterteilung von Fassadenelementen

Abb. 3.36: Anschlussmöglichkeiten an verschiedene Fassadenarten von zusätzlichen oder zu verschiebenden Trennwänden

3.6.4 Technische Gebäudeausrüstung

Architektur und Technik sind immer als ein Gesamtsystem zu betrachten. Nur durch eine Optimierung der zahlreichen Schnittstellen innerhalb des Systems entstehen Gebäude, die den Anforderungen ihrer Nutzung und einem hohen Anspruch an Funktionalität, Ästhetik und Bauqualität gerecht werden [3-45]. Für die Planung multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser besteht die Herausforderung in der Berücksichtigung der gebäudetechnologischen Anforderungen von der Erstnutzung bis hin zu möglichen Nachnutzungskonzepten. Es stellt sich die Frage, inwieweit das gebäudetechnologische Konzept für Nachnutzungen vorbereitet werden kann. Hierbei handelt es sich nicht um einzelne Ausbaukomponente der TGA, sondern um den Aufwand für ein Umrüsten einzelner Komponenten vom Erzeuger bis hin zum Platzbedarf für die Leitungsführung in die einzelnen Nutzungseinheiten.

Die Schwierigkeit besteht darin, dass die gebäudetechnischen Systeme nur an Hand aktueller Anforderungen ausgelegt werden können. Durch den hohen Innovationsgrad in der Gebäudetechnik, vorrangig durch elektronische Medien und der digitalen Vernetzung, ist der gebäudetechnische

Ausbau jedoch dauerhaften Veränderungs- und Optimierungsprozessen ausgesetzt, deren technische Grenzen, Möglichkeiten und Anforderungen nicht abzusehen sind und so für zukünftige Nutzungen nur abschätzbar bleiben.

Bei Nutzer- oder Nutzungswechsel sind in der Regel Anpassungen am gebäudetechnologischen Konzept vorzunehmen. Hierfür sind bereits im Planungsprozess räumliche Vorkehrungen zu treffen, die eine spätere Umnutzung mit keinem oder nur einem geringen Eingriff in die Gebäudestruktur erlauben und gleichzeitig den aktuellen sowie zukünftigen räumlichen Bedarf der TGA einbeziehen. Im Zusammenhang mit der Anpassungsfähigkeit ist die TGA aufgrund ihrer Komplexität zunächst in übergeordnete Strategien zu betrachten. Für spezifische Nutzeranforderungen an die Planung wird auf bestehende Literatur verwiesen.

Die TGA lässt sich in verschiedene Hauptaufgabenfelder unterteilen – Elektro(technik), Sanitär, Temperierung und Lüftung. In welchem Umfang Gebäude mit den aufgeführten technischen Medien versorgt werden, ist vor allem eine Frage des Komforts, des gewählten Energiestandards

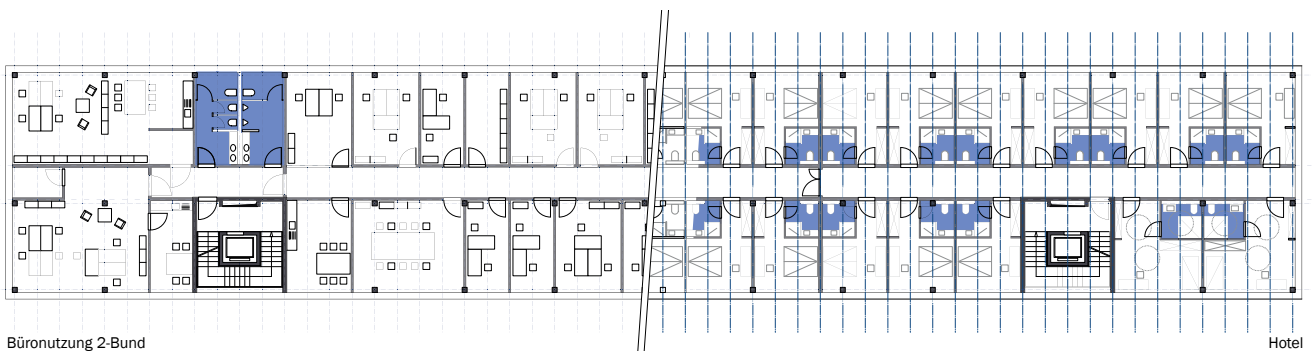


Abb. 3.37: Vergleich Größe, Anzahl und Lage von Sanitarräumen in den Nutzungsarten Büro und Hotel

aber vorrangig eine Frage der Nutzung. Je nach Anzahl, Größe, Art und Komfort der Nutzungseinheit variieren die Anforderungen an die TGA deutlich. An den beiden Nutzungsbeispielen Büro und Hotel in Abb. 3.37 wird die abweichende Anzahl und Ausstattung der Sanitärbereiche deutlich, für die im Umnutzungsprozess entsprechende Maßnahmen vorzusehen sind.

Die Versorgung der Nutzungseinheiten in Geschossbauten erfolgt in der Regel aus gebäudetechnischen Zentralen über vertikale Schächte. Abhängig vom Medium können die Zentralen auf dem Dach des Gebäudes (z. B. Lüftungszentrale) oder im Untergeschoss untergebracht sein. Die Versorgung wird in die beiden Verteilungssysteme „vertikal“ und „horizontal“ unterschieden. Das vertikale System sieht die Verteilung der Medien im Untergeschoss bzw. auf der Dachfläche vor, um an entsprechender Stelle die Nutzungseinheiten mittels einzelner Vertikalschächte gemeinsam zu ver- bzw. entsorgen. In der horizontalen Verteilung wird von zentralen Schächten, die in der Regel im Gebäudekern eingebunden sind, die Versorgung in Geschossebene vorgesehen. Über die Geschossdecke werden die Medien zu Unterverteilungen in den einzelnen Nutzungseinheiten verzogen. Im Sinne der Anpassungsfähigkeit ist die vertikale Verteilung als die zielführende Variante anzusehen, da sie die vertikale Durchdringung benachbarter Nutzungseinheiten mit den Leitungen der TGA vermeidet.

Bei der Verteilung in der Nutzungseinheit wird je nach Medium der Geschossdeckenaufbau oder ein abgehängter Deckenbereich als Installationsraum vorgesehen. Bei ausreichend hohen Querschnitten des Deckentragwerks können Medien auch in Tragwerksebene geführt werden. Dies ist vor allem für Medien mit großen Querschnitten vorteilhaft, da die Verschiebung in Trägerebene zu einer deutlichen Reduktion des Deckenaufbaus führt.

Für die Medien Elektro und Temperierung werden Rohr- bzw. Kabelquerschnitte mit einem Durchmesser von bis zu 70 mm verbaut. Diese lassen sich, von Unterzentralen in den Nutzungseinheiten ausgehend, im Deckenaufbau einbinden. Teilweise werden sie in Wandflächen geführt. Die Dimensionen der Trinkwarmwasserzufuhr ist abhängig von der Anzahl der angeschlossenen Verbraucher. Die gedämmten Rohrquerschnitte können bei entsprechendem Platzangebot im Bodenaufbau, wie beispielsweise in der Trittschallebene oder im Estrich unter Einhaltung des geforderten Schallschutzes, geführt werden. Liegen die Installationsschächte der Steigleitungen in direktem Bezug zu Installationswänden von Sanitärräumen, können die Zuleitungen der Trinkwarmwasserzufuhr direkt aus den Schächten in die Installationswände geführt werden. Nennweiten von Schmutzwasserleitungen werden entsprechend der angeschlossenen Sanitärobjekte unterschiedlich dimensioniert und können einen Durchmesser inkl. Wärmeschutz von bis zu 160 mm vorweisen. Sie werden in Sammelleitungen zusammengeführt und an den möglichst in unmittelbarer Nähe liegenden vertikalen Fallleitungen angeschlossen. Sind größere Distanzen für Sammelleitungen vorzusehen, ist ein ausreichend starkes Gefälle für die horizontalen Leitungen auszubilden. Der benötigte Raumbedarf für gedämmte, horizontale Sammelleitungen im Gefälle summiert sich im Extremfall auf ein Maß von bis zu 30 cm und kann somit nicht mehr in einfach Bodenaufbauten untergebracht werden. So werden Durchdringungen der Geschossdecke in benachbarte Nutzungseinheiten notwendig, wo die Leitungen in Installationsräumen, wie beispielsweise in abgehängten Deckenbereichen geführt werden können.

Mechanische Lüftungsanlagen werden je nach Nutzungsart, Komfortanspruch und Energiestandard notwendig. Sie kommen zum Einsatz, wenn die Erneuerung bzw. Klimatisierung der Raumluft nicht über die natürliche

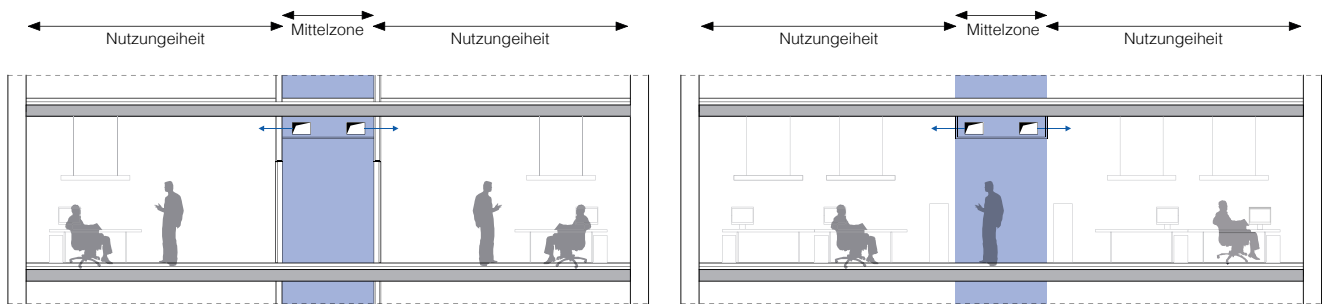


Abb. 3.38: Trassenführung im Bereich der Mittelzone ohne Einschränkung der Nutzungseinheiten für unterschiedliche Bürokonzepte

Lüftung erfüllt werden kann bzw. wenn der Komfortanspruch eine mechanische Belüftung bedingt. Lüftungstechnische Anlagen und Kanalsysteme beanspruchen den deutlichsten Raum- und Flächenbedarf der TGA, der in Abhängigkeit zum gewählten Lüftungsprinzip steht. Ab- und Zuluftkanäle werden in der Regel im abgehängten Deckenbereich oder alternativ als Unterflurkanäle vor Fassaden geführt. Um größere Druckverluste in den Kanälen zu vermeiden, werden meist Querschnitte verwendet mit einem Seitenverhältnis von 1:2, die zu Abmessungen von circa 20 bis 30 cm in der Höhe führen. Hierfür ist ein ausreichender Platzbedarf vorzusehen, vor allem wenn sich die Kanäle für Zu- und Abluft kreuzen.

Die Koordination der einzelnen Medien der TGA untereinander sowie im Zusammenspiel mit der Architektur und dem Tragwerk ist mit einem hohen Aufwand verbunden. Diese Komplexität führt im Bauprozess immer wieder zu Nachtragsmaßnahmen und in Teilen zu baulich nicht zufriedenstellenden Lösungen. Für anpassungsfähige Büro- und Geschäftshäuser ist daher die frühzeitige Prüfung umso wichtiger, inwieweit Bestandteile der Erstnutzung für mögliche Nachnutzungen verwendbar sind bzw. inwieweit Anforderungen der Nachnutzungen bereits in die Planung einbezogen werden müssen. Dies steigert die Komplexität des Planungsprozesses zwar deutlich, ist aber für Umnutzungsprozesse entscheidend, wenn ergänzende Anforderungen bereits berücksichtigt sind. Dies ist vor allem dann von Wichtigkeit, wenn Medien der TGA in Bauteile eingebunden werden, die für die Nachnutzung essentiell sind bzw. die Nutzung einschränken.

Für anpassungsfähige Büro- und Geschäftshäuser werden flexible Konzepte für die TGA benötigt, die den baulichen Aufwand des Umnutzungsprozesses wie auch Instandhaltungs- und Sanierungskosten reduzieren.

Hierbei geht es nicht darum ein System zu wählen, dass möglichst alle Nutzeranforderungen an die TGA erfüllt sondern für die verschiedenen Technikkonzepte entsprechende Flächen und Installationsraum bereitstellen zu können. Während mit den Medien Elektro, Temperierung und Trinkwarmwasser weitestgehend flexibel auf räumliche Vorgaben reagiert werden kann, sollte für Rohrleitungsnetze mit größeren Dimensionen, wie Schmutzwasser und mechanische Lüftung, der notwendige Platzbedarf in Geschosebene vorgesehen werden, der auf die Anforderungen der TGA für die verschiedenen Nutzungsarten reagieren kann. Hierfür bietet sich eine zentrale Trassenführung im Bereich der Mittelzone an (vgl. Abb. 3.38), bei der die Leitungsführung in abgehängten Unterdecken ohne Einschränkung der Nutzungsbereiche installiert werden könnte. Eine vom Primärtragwerk losgelöste Trassenführung, für die eine dauerhafte Zugänglichkeit gewährleistet ist, in der Platzreserven für eine nachträgliche Installation sowie vorkonditionierte Hohlräume als zusätzliche Installationsräume vorgesehen sind, bietet optimale Voraussetzungen für Nutzer- und Nutzungswechsel in anpassungsfähigen Büro- und Geschäftshäusern.

3.7 Anpassungsfähigkeit

Die Architektur kann als Werkzeug der Gesellschaft verstanden werden, ihre momentanen Vorstellungen von gebautem Lebens- und Arbeitsraum umzusetzen. Ändern sich diese, stellt sich die Frage nach der Anpassungsfähigkeit von Gebäuden. Je einfacher und vielfältiger sich diese bei Bedarf anpassen lassen, desto höher sind die Möglichkeiten die Lebensdauer des Gebäudes zu verlängern. Die Anpassungsfähigkeit in der Architektur bezeichnet die Fähigkeit, in kurzer Zeit, mit angemessenem Aufwand und zu vertretbaren Kosten auf veränderte Gegebenheiten reagieren zu können. Sie ist somit ein Gradmesser für eine hohe Vermarktungsfähigkeit und einen langfristigen Werterhalt [3-4].

Der Grad der Anpassungsfähigkeit eines Gebäudes wird frühzeitig im Planungsprozess bestimmt. Dieser hängt mit der Anzahl und dem notwendigen Erfüllungsgrad der Anforderungskriterien von Nutzer und Nutzungsarten an die einzelnen Entwurfsparameter zusammen, die in den Planungsprozess einbezogen werden. Je vielfältig nutzbarer sich das Profil eines Gebäudes darstellt, desto geringer ist der Aufwand für Nutzer- und Nutzungswechsel. Doch mit Hinzunahme von Anforderungsprofilen wird der Gestaltungsspielraum der Planer immer stärker eingeschränkt und kann zur immer deutlicheren Abkehr von nutzungsspezifischen, effizienten Gebäudestrukturen führen. Ist beispielsweise die Mindestanforderung der Nutzlast an Geschossdecken einer einzelnen, in Betracht gezogenen Nutzungsart gegenüber den übrigen, einbezogenen Nutzungen höher, werden die Anforderungen übererfüllt. Dies wirkt sich auf die Entstehungskosten zunächst negativ aus, kann aber langfristig gesehen die Vermarktungsfähigkeit positiv und die Langlebigkeit des Gebäudes beeinflussen (vgl. Kapitel 6). Somit sind für anpassungsfähige Büro- und Geschäftshäuser die individu-

ellen Anforderungen an einzelne Entwurfsparameter stets unter objektplanerischen und funktionalen Aspekten als auch unter dem ökonomischen Aufwand und den ökologischen Auswirkungen in der Lebenszyklusbetrachtung zu bewerten. Nur aus einer Gesamtbetrachtung heraus ist die Einbeziehung von Nutzungsarten in den Planungsprozess zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit vorzunehmen.

Die Anpassungsfähigkeit von Gebäuden ist aus objektplanerischer Sicht an einigen entscheidenden Entwurfsparametern auszumachen. Ausgangslage ist eine Rohbaukonstruktion, die alle Voraussetzungen zur variablen Nutzung erfüllt. Neben der Gebäudedimension sind das Tragwerk und die Gliederung des Gebäudes mittels Gebäudekernen auf die Anforderungen der einbezogenen Nutzungsarten festzulegen. Die Funktionalität des Gebäudes und der Geschosse hängt im Weiteren von den Erschließungsmöglichkeiten und der Versorgung mit den Medien der TGA ab, die Nachnutzungskonzepte berücksichtigt. Eine geschossweise Umnutzungsfähigkeit wirkt sich auf die Wahl einzelner Entwurfsparameter aus, ist aber als ein Mehrwert für die Vermarktungsfähigkeit einzustufen.

Die Kombinationsmöglichkeiten aus Gebäude- und Planungsparametern wirken sich auf die Höhe der Anpassungsfähigkeit aus (vgl. Abb. 3.39). Grundsätzlich ist im Sinne der Langlebigkeit und Vermarktungsfähigkeit eine maximale Anpassungsfähigkeit wünschenswert. Da sich die Parameter mit steigender Anpassungsfähigkeit ökonomisch und ökologisch auswirken, ist die Auswahl projektspezifisch und an Hand vieler weiterer Faktoren vorzunehmen, wie unter anderem Standort, Budget, Grundstück, und Zielgruppe, um das für das Projekt geeignete Maß der Anpassungsfähigkeit definieren zu können. Dieser Schritt sollte frühzeitig im Entwurfsprozess statt-

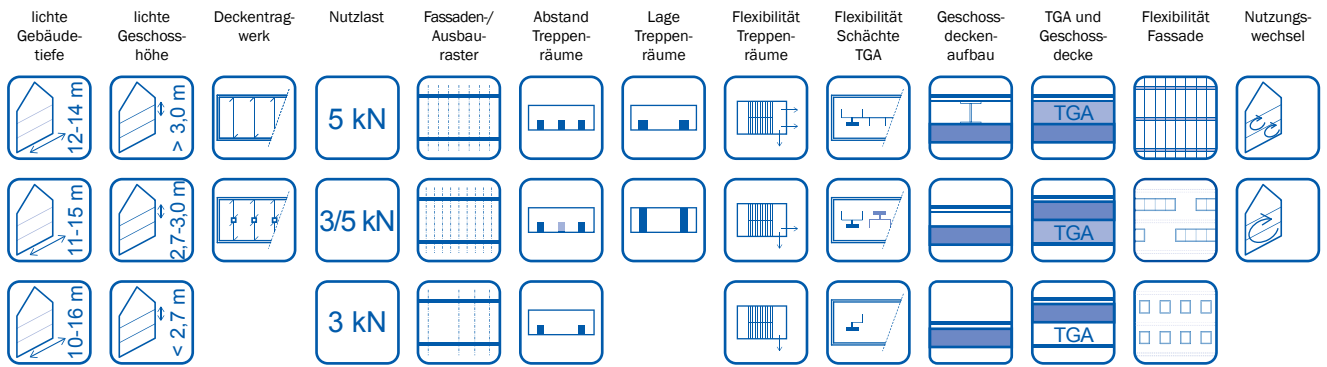


Abb. 3.39: Übersicht relevanter Gebäude- und Planungsparameter für die Anpassungsfähigkeit von Geschossbauten

finden, da sich im Nachgang Korrekturen schwieriger vornehmen lassen, je weiter ein Bauvorhaben in der Planung fortgeschritten ist. So sind frühzeitig die am Projekt beteiligten Fachplaner in den Entscheidungsprozess einzubinden, denn nur so lassen sich bauliche Vorkehrungen treffen, die eine spätere Umnutzung begünstigen.

Mit den dargestellten Ergebnissen zur Anpassungsfähigkeit aus objektplanerischer Sicht wird nicht das Ziel verfolgt, alle auftretenden, entwurfsrelevanten Fragen für anpassungsfähige Büro- und Geschäftshäuser zu beantworten, sondern eher eine anwendbare Methodik für entscheidende Planungsfragen zu vermitteln. Die Einzeldarstellung und Bewertung der einzelnen Entwurfsparameter versucht die Komplexität der Aufgabenstellung anpassungsfähiger Büro- und Geschäftshäuser aufzuzeigen, zu der in der Praxis die Einbeziehung fast aller Fachplaner notwendig ist. So können sie in dieser Publikation aufgrund der Komplexität und einer notwendigen Bearbeitungstiefe nur in Teilen allgemeingültig dargestellt werden. Das Ziel besteht darin, ein Verständnis für die entscheidenden Kriterien der Anpassungsfähigkeit zu vermitteln und Hinweise zu geben, wie sich der Aufwand für Nutzungsänderungen auf die Ausbauebene reduzieren lässt. Welche Auswirkungen die Empfehlungen der Objektplanung auf die ökologische und ökonomische Betrachtung haben, wird mit den Ergebnissen der nachfolgenden Kapitel dargestellt.

Literaturverzeichnis

- [3-1] Krausse, J.; Lichtenstein, C: Your private sky - R. Buckminster Fuller, Design als Kunst einer Wissenschaft. Zürich: Verlag Lars Müller, Museum für Gestaltung Zürich, 2001.
- [3-2] Kähler, G.; Kritzmann, B.; Venus, C.: Redevelopment. Möglichkeiten und Chancen, unrentabel und unfunktionell gewordener, innerstädtischen Bürohausbau der 50er, 60er und 70er zu Wohnraum umnutzen. Stuttgart: Frauenhofer IRB Verlag, 2009.
- [3-3] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Stadumbau/Stadterneuerung. URL: https://www.bbr.bund.de/BBSR/DE/Stadtentwicklung/StadtentwicklungDeutschland/StadtumbauStadterneuerung/StadtumbauStadterneuerung_node.html, Juni 2018.
- [3-4] Plagaro Cowee, N.; Schwehr, P.: Die Typologie der Flexibilität im Hochbau. Luzern: Hochschule Luzern – Technik & Architektur Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP), 2008.
- [3-5] Qu, C.: Gemischtfunktionale Hochhäuser in China und Deutschland – Eine vergleichende Untersuchung und die mögliche Übertragbarkeit der chinesischen Erfahrung. Darmstadt: 2003.
- [3-6] Schwarz, J.: Frankfurter Fundamente der Kunstgeschichte, Band XII – Architektur und Kommerz. Frankfurt: Kunstgeschichtliches Institut der Goethe-Universität, 1995.
- [3-7] Linke, S.; Nagel, S.: Bauten des Handels – Läden Warenhäuser Einkaufszentren. Gütersloh/Düsseldorf: Bertelsmann Fachverlag, 1973.
- [3-8] Bott, H.; Grassl, G. C.; Anders, S.: Nachhaltige Stadtplanung – Konzepte für nachhaltige Quartiere. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2013.

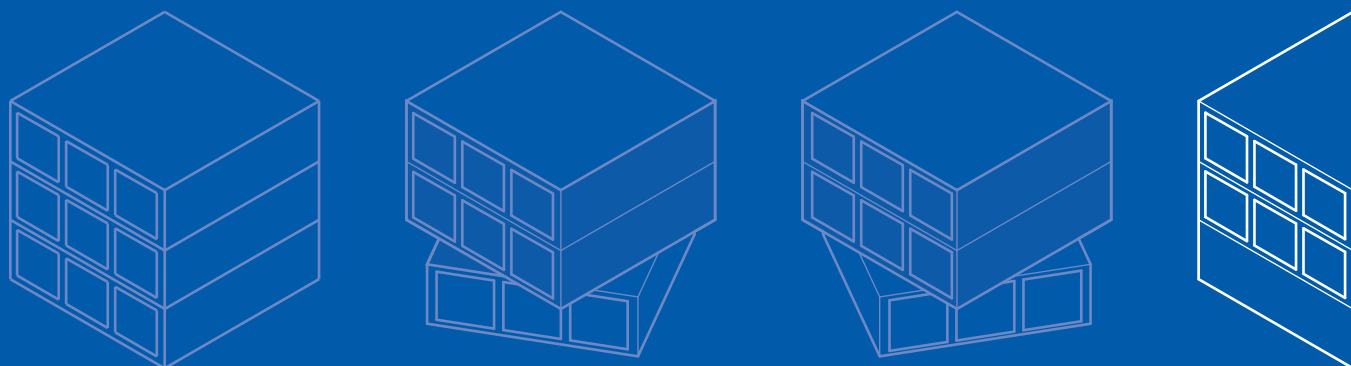
- [3-9] Posener, J.: Ebenezer Howard Gartenstädte von morgen - Das Buch und seine Geschichte. Berlin, Frankfurt am Main, Wien: Verlag Ullstein GmbH, 1968.
- [3-10] Hilpert, T.: Le Corbusiers „Charta von Athen“ – Texte und Dokumente, Kritische Neuausgabe. Braunschweig, Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 1984.
- [3-11] Hoffmann-Axthelm, D.: Das Berliner Stadthaus – Geschichte und Typologie. 1200 bis 2010. Berlin: DOM publishers, 2011.
- [3-12] Savillis: Die Mischnutzung wird salonfähig. URL: http://www.savills.de/_news/article/64899/205318-0/7/2016/die-mischnutzung-wird-salonfähig, Juli 2016.
- [3-13] intosens ag + urban solutions: Die Wiederentdeckung der Mischnutzung. URL: <http://www.intosens.ch/urbansolutions/mischnutzung.php>, Juni 2018.
- [3-14] Fuchs, C.: Vitale Stadtbausteine – Innovative Konzepte für Mischnutzungen. München: DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2017.
- [3-15] Koppitz, H.-J.; Schwarting, G.: Der Flächennutzungsplan in der kommunalen Praxis – Grundlagen, Verfahren, Wirkungen. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2005.
- [3-16] Boeddinghaus, G.: BauNVO Baunutzungsverordnung – Kommentar. München, Berlin: Verlagsgruppe Jehle Rehm GmbH, 2000.
- [3-17] Bauministerkonferenz IS-ARGEBAU, Hrsg., Musterbauordnung - MBO, November 2002, geändert 13.05.2016.
- [3-18] Richthammer, E.; Meinert, S.: Nutzungsänderung von Gewerbeimmobilien. URL: <https://www.deutscheranwaltspiegel.de/nutzungsänderungen-bei-gewerbeimmobilien/>, Juni 2018.
- [3-19] Reichel, G. H.; Schulte, B. H.: Handbuch Bauordnungsrecht. Verlag C. H. Beck, München 2004.
- [3-20] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV). Berlin, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Ausfertigungsdatum: 24.07.2007, geändert 24.10.2015.
- [3-21] Jungmann, U.; Lambrecht, K.: EnEV 2014 im Bild. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH&Co. KG, 2014.
- [3-22] Rottke, N. B.: Immobilienarten. Immobilienwirtschaftslehre – Management, Rottke, N. B., Thomas, N. (Herausgeber). Wiesbaden: Verlag Springer Gabler, 2017.
- [3-23] M. Mensinger u. a.: Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise“ – Forschungsbericht P881. Düsseldorf: Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH Düsseldorf, 2016.
- [3-24] Eisele, J.; Staniek, B.: Bürobauatlas - Grundlagen, Planung, Technologie, Arbeitsplatzqualitäten. München: Verlag Georg D.W. Callwey GmbH & Co.KG, 2005.
- [3-25] Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG: Büro Office - best of DETAIL. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2013.
- [3-26] Knirsch, J.: Büroräume Bürohäuser - Gelingt der Wandel zum Lebensraum Büro? Leinfelden-Echterdingen: Verlagsanstalt Alexander Koch, 2002.
- [3-27] Wietzorrek, U.: Raumkonzeptionen als Ausdruck sozialer Verhältnisse. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, Heft 3, 2014.

- [3-28] Schneider, F.: Grundrißatlas Wohnungsbau. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser – Verlag für Architektur, 1997.
- [3-29] Feddersen, E.; Lüdtke, I.: Entwurfsatlas - Wohnen im Alter. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser Verlag AG, 2009.
- [3-30] Herrgott, B. S.: Handbuch und Planungshilfe - Altengerechtes Wohnen. Berlin: DOM publishers, 2012.
- [3-31] Architektur + Wettbewerbe – Das internationale Architekturmagazin mit thematischem Schwerpunkt: Wohnheime und Herbergen. Stuttgart: Karl Krämer Verlag GmbH & Co, Heft 206, Juni 2006.
- [3-32] Mutius von, A.; Nußberger, J.: Bauen für Studenten – Wohnanlagen in Deutschland seit 1990. Basel, Berlin, Boston: Birkhäuser Verlag, 1994.
- [3-33] Ronstedt, M.; Frey, T.: Handbuch und Planungshilfe – Hotelbauten. Berlin: DOM publishers, 2014.
- [3-34] Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz: Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Muster-Versammlungsstättenverordnung – MVStättVO) – Fassung Juni 2005, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom Juli 2014. Berlin: 2014.
- [3-35] Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz: Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Verkaufsstätten (Muster-Verkaufsstättenverordnung – MVKVO) – Fassung September 1995, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom Juli 2014. Berlin: 2014.
- [3-36] Irmischer, I.: Handbuch und Planungshilfe – Parkhäuser und Tiefgaragen, Band 1: Grundlagen für die Planung. Berlin: DOM publishers, 2013.
- [3-37] Fachkommission Bauaufsicht: Muster einer Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen (Muster-Garagenverordnung – M-GarVO) – Fassung Mai 1993, geändert durch Beschlüsse vom 19.09.1996, 18.09.1997 und 30.05.2008. Berlin: 2008.
- [3-38] Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH&Co.KG: Büro/Office – best of DETAIL. München: Edition DETAIL, 2013.
- [3-39] Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) – Ausfertigungsdatum: 12.08.2004, zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 30. November 2016. Berlin: 2016.
- [3-40] Mensinger M., Stroetmann R., Eisele J., Feldmann M., Pyschny D., Lang F., Trautmann B., Zink K. J., Baudach T., Fischer K., Lingnau V., Kokot K., Möller H., Huang L., Ritter F., Podgorski C., Scheller J., Faßl T.: Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2016.
- [3-41] Fachkommission Bauaufsicht: Muster - Verordnung über den Bau und Betrieb von Beherbergungsstätten (Muster-Beherbergungsstätte – MBeVO) – Fassung Dezember 2000, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom Mai 2014. Berlin: 2014.
- [3-42] Deutsche Hotelklassifizierung: Kriterienkatalog 2015-2020. Berlin, 2015.
- [3-43] Schittich, C. (Hrsg.): Im Detail: Erschließungsräume – Treppen, Rampen, Aufzüge, Wegeführung Entwurfsgrundlagen. München: Edition DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2013.
- [3-44] Habermann, K. J.: Treppen – Entwurf und Konstruktion. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser – Verlag für Architektur, 2003.



4 Konstruktion

Konstruktion und Ökobilanzierung multifunktionaler Gebäude



Einführung	4.1
Lastannahmen und Bemessung	4.2
Deckensysteme	4.3
Brandschutz	4.4
Fassade	4.5
Gründung	4.6



Konstruktion und Ökobilanzierung multifunktionaler Gebäude

Richard Stroetmann | Lukas Hüttig

Die Tragstrukturen multifunktional genutzter Geschossbauten sind mit Blick auf die relevanten Nutzungen und die daraus resultierenden Anforderungen zu entwerfen und zu bemessen. Damit wird zunächst die Funktionalität sichergestellt. Darüber hinaus sind die Tragstrukturen, aber auch die Fassadensysteme und der Ausbau nach den Kriterien der Nachhaltigkeit, der Ökologie, Ökonomie und Ressourceneffizienz zu optimieren. Es gibt verschiedene Wechselwirkungen, sodass die Optimierung der jeweiligen Gebäudebestandteile nicht zwingend zum Gesamtoptimum führt. So hängen die Auslegung des Primärtragwerkes, der passiven Brandschutzmaßnahmen, der Fassadensysteme und der Gebäudegründung voneinander ab. Zudem sind Installationsräume für den technischen Ausbau bereitzustellen, die in unterschiedlicher Weise in den Tragkonstruktionen integriert werden können.

Im vorliegenden Kapitel werden zunächst die konstruktiven Anforderungen behandelt, die sich aus verschiedenen Nutzungsarten im Lebenszyklus eines Gebäudes ergeben können. Im Anschluss werden Verbunddeckensysteme vorgestellt, die eine variable Nutzung ermöglichen. Es werden die Eigenschaften konventioneller Unterzug- und Flachdeckensystemen sowie multifunktionaler Deckensystemen in Verbundbauweise beschrieben. Anschließend werden für verschiedene Brandschutzmaßnahmen und Fassadensysteme die Ökobilanzdaten und Kosten analysiert. Um den Einfluss leichter und schwererer Bauweisen auf die Gebäudegründungen zu reflektieren, werden die Aufwendungen für die Gründungskörper bei unterschiedlichen Baugrundbedingungen in Fallstudien bestimmt.

Abb. 4.1: Slim floor Beam mit Kopfbolzendübeln und Kammerbe-
wehrung vorbereitet für die Montage im Projekt „Galerie de Kons“.

Foto: Ch. Radermacher, ArcelorMittal Construction



4.1 Einführung

Die Umnutzungsfähigkeit eines Gebäudes wird vor allem durch die primäre Tragstruktur beeinflusst. Ausbauelemente und Fassade können während des Lebenszyklus mit verhältnismäßig geringem Aufwand verändert und den Nutzeranforderungen angepasst werden. Die Veränderung der Primärstruktur, mit festen Stützenpositionen, tragenden Wänden, Gebäudekernen und Decken mit einer spezifischen Nutzlastbegrenzung, erfordert hingegen weitreichenden Eingriffe, die mit hohen ökologischen und monetären Aufwendungen verbunden sind.

Über ihre rein statische Wirkung hinaus übernimmt die Tragstruktur weitere Funktionen. Hierzu gehören u. a. der Raumabschluss, die Speicherwirkung und die Möglichkeit zur Integration technischer Ausbauelemente, wie Medientrassen für die Klimatechnik, die Versorgung mit Strom, Telekommunikation und Wasser.

Des Weiteren wirkt sich die Wahl des Tragwerkes auf weitere Gebäudekomponenten aus. Dazu zählen insbesondere die Gebäudegründung und Fassade. Durch ein Tragwerk mit geringer Eigenlast kann beispielsweise der Gründungsaufwand verringert werden. Dies bietet gerade bei geringer Baugrundtragfähigkeit Optimierungspotential. Durch Deckensysteme mit geringer Bauhöhe kann hingegen die Fassadenfläche und das Gebäudevolumen verringert werden.

Ziel ist es, Tragstrukturen für multifunktional genutzte Geschossbauten zu entwerfen, die eine Anpassung der Gebäude an relevante Nutzungen mit geringem materiellen, monetären und zeitlichen Aufwand ermöglichen. Die notwendigen Eingriffe bei einer Umnutzung sollten im Wesentlichen auf die Ausbauelemente und ggf. die Fassaden beschränkt bleiben.

Zur Beurteilung der statischen Anforderungen, die an ein Gebäude mit multifunktionaler Nutzung zu stellen sind, werden in Abschnitt 4.2 die Auswirkungen der normativen Lastannahmen und Gebrauchstauglichkeitsanforderungen erläutert. Anschließend werden Nachhaltigkeitsstudien zu verschiedenen Gebäudekomponenten vorgestellt. Dazu zählen Deckentragwerke, Brandschutz-, Fassadensysteme sowie Gebäudegründungen. Die Gebäudekomponenten werden ökologisch und monetär bewertet. Der ökologischen Bewertung liegen aktuell gültige generische, verbands- und herstellereigene Umweltproduktdeklarationen (EPDs) zugrunde. Als repräsentative Ökobilanzindikatoren werden das globale Erwärmungspotential und der Gesamtprimärenergiebedarf angegeben. Die Kostenermittlung basiert auf Kostenansätzen verschiedener Hersteller, die in den Forschungsprojekten FOSTA P881 [4-1] und FOSTA P1118 [4-2] zusammengestellt wurden, sowie auf aktuellen Angaben zum Baukostenindex [4-3], [4-4]. In den Auswertungen werden die Realisierungskosten prozentual angegeben, da die Preise grundsätzlich zeitlichen und regionalen Schwankungen unterliegen sind.

Die Untersuchungen zur Ökologie und Ökonomie erfolgen zunächst getrennt für verschiedene Gebäudekomponenten. Anhand von Referenzgebäuden mit unterschiedlicher Anpassungsfähigkeit wird im Kapitel 5 die Kombination der Trag- und Fassadenelemente sowie dem baulichen Brandschutz behandelt.

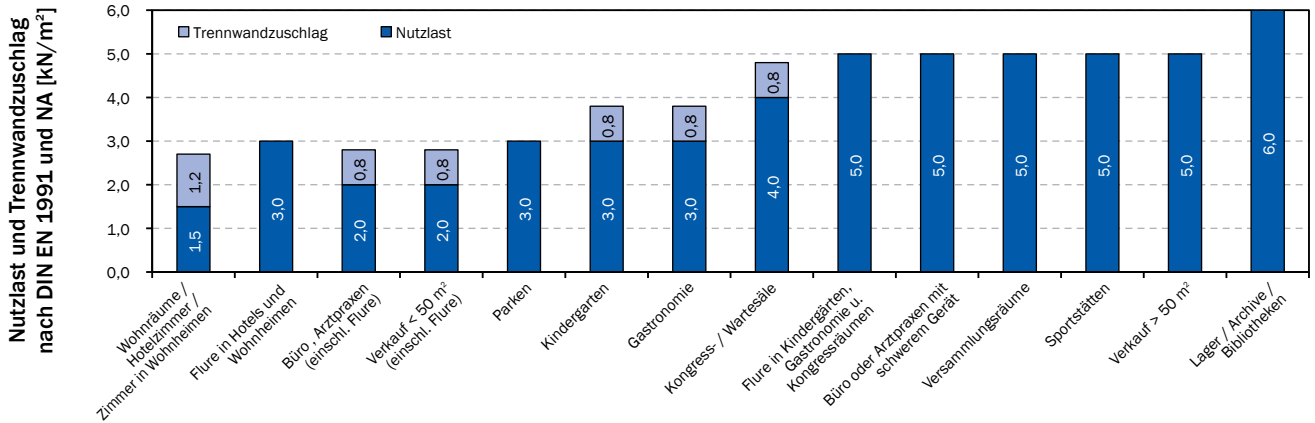


Abb. 4.2: Nutzlasten und Trennwandzuschläge für verschiedene Nutzungsarten nach [4-44]

4.2 Lastannahmen und Bemessung

4.2.1 Nutzlasten zu verschiedenen Nutzungsarten

Die Bestimmung von Nutzlasten im Hochbau erfolgt in europäischen Ländern nach den Vorgaben der DIN EN 1991-1-1 (EC1) [4-44]. Diese Grundnorm beschreibt die Einteilung in vier Nutzungskategorien. In Unterkategorien werden Lasten für verschiedene Gebäudebereiche und Nutzungsarten vorgeschlagen. Spezifische Werte für Nutzlasten werden durch die nationalen Anhänge (NA) der einzelnen europäischen Länder definiert.

Abb. 4.2 zeigt den Vergleich der Nutzlasten und Trennwandzuschläge für verschiedene Nutzungsarten nach DIN EN 1991-1-1 und dem deutschen Nationalen Anhang. Die geringste Lastanforderung besteht bei einer Wohnnutzung. Sofern eine ausreichende Querverteilung der Lasten durch die Decke gewährleistet wird, sind die Wohnflächen einschließlich der Flure für eine Flächenlast von $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen. Liegt keine ausreichende Querverteilung vor, wie beispielsweise bei Holzbalkendecken, muss eine Nutzlast von $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$ berücksichtigt werden. Treppenhäuser in Wohngebäuden sind mit einer Nutzlast von $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen.

Bei Hotels, Pflegeeinrichtungen und Seniorenzentren gelten für Zimmer die gleichen Lastanforderungen wie bei Wohngebäuden. Zugehörige Flure sind für eine Nutzlast von $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$ auszulegen. Bei Treppenaufgängen und öffentlichen Eingangsbereichen, wie beispielsweise einer Hotellobby, ist eine Nutzlast von $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ zu berücksichtigen. In Aufenthaltsräumen, Kindertagesstätten sowie in Cafés und Restaurants ist eine Nutzlast von $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen. Ist in Räumen eine feste Bestuhlung vorgesehen, so muss die

Nutzlast auf $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$ erhöht werden. Weiterhin ist zu beachten, dass die zu Cafés und Restaurants zugehörigen Flurflächen für $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ auszulegen sind.

Für Büroflächen und Arztpraxen ohne Nutzung von schweren Geräten, sowie Verkaufsräume bis zu einer Fläche von 50 m^2 ist eine Nutzlast von $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$ vorzusehen. Zugehörige Treppenhäuser sind für $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$ auszulegen. Werden auf Büroflächen oder in Arztpraxen schwere Geräte eingesetzt so sind die Nutzflächen sowie die zugehörigen Flure mit einer Nutzlast von $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen. Diese Anforderung gilt ebenso für Verkaufsflächen größer als 50 m^2 sowie Flächen die für Versammlungszwecke oder sportlichen Aktivitäten genutzt werden. Höhere Lastanforderungen bestehen lediglich bei Lager-, Bibliotheks- oder Archivnutzung, die für eine Nutzlast von $q_k = 6 \text{ kN/m}^2$ auszulegen sind sowie bei Flächen, die eine erhebliche Menschenansammlung erwarten lassen. Dies können beispielsweise Bars oder Nachtclubs sein, für die im innerstädtischen Raum zunehmend Obergeschosse aufgrund der exponierten Lage angemietet werden. Der Nutzlastansatz für Flächen mit erheblichen Menschenansammlungen beträgt $q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$.

Bei herkömmlichen Parkflächen für PKWs, die eine zulässigen Gesamtlast von $Q \leq 30 \text{ kN}$ aufweisen, ist eine Nutzlast von $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$ zu berücksichtigen. Zufahrtsrampen zu Parkflächen sind hingegen für eine Nutzlast von $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen. Durch Lieferfahrzeuge oder Gabelstapler können höhere Verkehrslasten verursacht werden. Sie sind nach den vorliegenden Bedingungen in Absprache mit dem Bauherren festzulegen. Vertikale Tragelemente, wie Stützen und Wände, müssen im Bereich befahrener Flächen für einen Fahrzeuganprall ausgelegt werden, sofern kein entsprechender Schutz vor Anprall vorgesehen wird. Dies gilt neben Parkflächen

auch für Flächen des Erdgeschosses, die durch andienenden Verkehr, Gabelstaplerbetrieb oder durch unmittelbare Straßennähe für Fahrzeuge erreichbar sind.

Da insbesondere bei multifunktionalen Gebäuden die Position nicht tragender Trennwände im Laufe des Lebenszyklus verändert werden können, muss neben der Nutzlast ein Lastzuschlag für Trennwände berücksichtigt werden, sofern die bestehende Nutzlast weniger als $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ beträgt. Für Trennwände mit einer Streckenlast von $Q \leq 3 \text{ kN/m}$ ist eine Ersatzflächenlast von $q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$ als Zuschlag zu berücksichtigen. Für Trennwände mit einer Streckenlast bis $q_k \leq 5 \text{ kN/m}$ ist eine Ersatzflächenlast von $q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen.

Gegenstand	Höhe [mm]	Flächenlast [kN/m ²]
Teppichboden	10	0,03
Kunststoff Bodenbelag	10	0,15
keramische Bodenfliesen einschl. Verlegemörtel	10	0,22
Laminat	7-10	0,06 - 0,1
Zementestrich	50	1,1
Industriestrich	50	1,2
Holzwohle-Leichtbauplatten	30	0,18
Trittschalldämmung	50	0,02
PE-Folie (Trennlage)	3	0,04
Doppelboden	ab 40	0,25 bis 0,8
Hohlraumboden einschl. Estrich	ab 70	0,7 bis 1,2
Abhangdecke	-	0,1
technischer Ausbau	-	0,25

Tab. 4.1: Lastenannahmen für Bodenaufbauschichten und technischer Gebäudeausrüstung nach DIN EN 1990 [4-45]

Aus den verschiedenen Nutzlasten und Trennwandzuschlägen lassen sich für Hochbauten zwei wesentliche Lastniveaus ableiten. Für Flächen, die durch eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Personen und keine schweren Geräte beansprucht werden, ist ein Nutzlastniveau von 3 kN/m^2 ausreichend. Bei Nutzungsarten, die eine höhere Personenanzahl erwarten lassen oder die Flächen durch schwere Geräte belastet werden, sollte ein Nutzlastniveau von 5 kN/m^2 angesetzt werden.

Bei der Planung von Gebäuden und Deckentragwerken mit geringem Nutzlastniveau ist abzuwägen, inwieweit im Falle einer Umnutzung die Beschränkung auf die häufigsten Nutzungsarten Büro und Wohnen, Wohnheim und Hotel ausreichend ist. In Abhängigkeit des Standortes kann durch die Berücksichtigung eines höheren Nutzlastniveaus die Vermarktungsfähigkeit eines Gebäudes gesteigert werden (vgl. Abschnitt 2.6).

4.2.2 Ausbaulasten

Neben der Eigenlast einer Konstruktion ergeben sich aus dem Ausbau eines Gebäudes weitere ständige Einwirkungen, die bei der Bemessung zu berücksichtigen sind. Typische Ausbaulasten ergeben sich aus dem Bodenaufbau, die Deckenverkleidung und die technische Gebäudeausrüstung. Einige Lastannahmen sind in Tab. 4.1 zusammengefasst. Für eine spätere Umnutzung sollte eine ausreichend hohe Ausbaulast berücksichtigt werden. Wie Untersuchungen zeigen, können mit einer Last von $1,5 \text{ kN/m}^2$ nahezu alle typischen Bodenaufbauten und technische Installationen realisiert werden.

4.2.3 Bemessung von Tragwerken

4.2.3.1 Allgemeines

Die Bemessung von Deckentragwerken und Stützen in Beton-, Stahl- und Verbundbauweise erfolgt in europäischen Ländern im Allgemeinen auf der Grundlage des Eurocodes für die Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) und der Gebrauchstauglichkeit (GZG). Ausführliche Erläuterungen zur Bemessung von Verbundkonstruktionen sind u. a. im Forschungsbericht des AIF-FOSTA-Projektes P881 [4-1] sowie im Stahlbaukalender [4-5] enthalten. Da die Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit unabhängig von der vorliegenden Nutzungsart eines Gebäudes erfolgt (sofern keine dynamischen Beanspruchungen vorliegen), ist die Vorgehensweise für multifunktionale Gebäude analog derjenigen bei Gebäuden mit einfacher Nutzung. Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit können hingegen, abhängig von den Nutzungsarten und den daraus resultierenden Anforderungen unterschiedliche Bemessungssituationen und Grenzkriterien relevant sein.

Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie A, B: Wohn-, Aufenthalts- und Büroflächen	0,7	0,5	0,3
Kategorie C, D: Versammlungs- und Verkaufsflächen	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: Lagerräume	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: Verkehrsflächen, Fahrzeuglast 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie H: Dächer	0,0	0,0	0,0

Tab. 4.2: Kombinationsbeiwerte im Hochbau nach DIN EN 1990/NA [4-45]

4.2.3.2 Lastkombinationen in Abhängigkeit der Nutzlastkategorie

Zur Ermittlung der Bemessungswerte der Beanspruchungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit sowie im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind die Kombinationsbeiwerte ψ der Nutzlasten für Hochbauten nach DIN EN 1990 [4-45] zu berücksichtigen. Geschosdecken werden im Allgemeinen durch eine veränderliche Einwirkung, der Nutzlast, beansprucht. Für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation im Grenzzustand der Tragfähigkeit entfällt daher die Anwendung des Kombinationsbeiwertes. Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit erfolgt für die häufige und quasiständige Kombination eine Abminderung der anzusetzenden Nutzlast. Der Kombinationsbeiwert ist in Abhängigkeit der Art der Nutzung des Gebäudes bzw. des jeweiligen Stockwerks festzulegen (vgl. Tab. 4.2). Die Werte ψ_0 , ψ_1 und ψ_2 , weisen bei der seltenen, häufigen und quasi-ständigen Lastkombination deutliche Unterschiede auf. Bei der Planung einer späteren Umnutzung sind daher nicht nur die absoluten Werte der Nutzlasten, sondern auch die Einwirkungskombinationen für die jeweils zu führenden Gebrauchstauglichkeitsnachweise zu beachten.

Im Sinne der DIN EN 1991-1-1 [4-44] stellen Lasten aus nichttragenden Wänden eine veränderliche Einwirkung dar. Dies gilt sowohl für mobile Trennwände und Trockenbauwände als auch für gemauerte Trennwände, da während des Lebenszyklus eines Gebäudes durch neue Grundrissaufteilungen die Anordnung und Beschaffenheit von Trennwänden verändern können. Die Annahme des Trennwandzuschlages als veränderliche Einwirkung führt jedoch im Falle einer Kombination mit weiteren veränderlichen Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit oder bei einer Berechnung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu einer Verringerung der Lasten, da

Kombinationsbeiwerte angewendet werden dürfen (vgl. Tab. 4.2). Da die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen von Belastungen aus Trennwänden nicht durch andere veränderliche Einwirkungen beeinflusst wird und hieraus eine Langzeitbeanspruchung resultiert, die je nach Bauweise zu Kriechverformungen der Decke führen kann, wird empfohlen, den Kombinationsbeiwert mit 1,0 anzunehmen (vgl. Fingerloos [4-6]).

4.2.3.3 Verformung von Deckentragwerken

Zur Erhaltung der Funktion und Wahrung des Erscheinungsbildes sind die Verformungen von Decken zu begrenzen. Bei Betondecken wird nach DIN EN 1992-1-1 (EC2) [4-46] die Gebrauchstauglichkeit als beeinträchtigt angesehen, wenn der vertikale Durchhang zwischen den Auflagerpunkten $1/250$ der Stützweite überschreitet. Der Durchhang darf durch eine planmäßige Überhöhung reduziert werden. Diese sollte ebenfalls $1/250$ der Stützweite nicht überschreiten. Können an das Tragwerk angrenzende empfindliche Bauteile durch Verformungen beschädigt werden, so ist die Durchbiegung nach Einbau der Bauteile zu begrenzen. Der Richtwert beträgt $1/500$ der Stützweite eines Trägers oder einer Decke. Dabei ist die quasi-ständige Einwirkungskombination anzuwenden. Für Tragwerke in Stahl- und Verbundbauweise werden durch die DIN EN 1993-1-1 (EC3) [4-47] und die DIN EN 1994-1-1 (EC4) [4-48] keine spezifischen Verformungsgrenzwerte vorgegeben. Diese müssen anhand der vorliegenden Anforderungen in Abstimmung mit dem Auftraggeber festgelegt werden. Die Empfehlungen der DIN EN 1992-1-1 können dabei übernommen werden.

Um eine flexible Grundrissgestaltung zu ermöglichen, werden bei multifunktionalen Gebäuden häufig stützenfreie Räume angestrebt. Bei großen Spannweiten können

selbst unter Einhaltung der Durchhangbegrenzung von $1/250$ der Stützweite deutliche Verformungen auftreten. Häufige Folgeerscheinungen sind Risse an nicht tragenden Innenwänden. Diese lassen sich i. d. R. durch strengere Verformungsbegrenzungen vermeiden. Empfehlenswert ist daher eine frühzeitige Abstimmung der Grenzwerte mit dem Bauherren im Hinblick auf die geplanten Trennwandsysteme und deren Anforderungen.

4.2.3.4 Schwingungen

Spürbare Schwingungen von Tragwerken führen zu einer Einschränkung des Komforts. Sie werden von Nutzern als störend bis hin zu unbehaglich empfunden und können die Funktionsfähigkeit eines Gebäudes einschränken. Während in älteren Gebäuden aufgrund hoher Bauteilmassen das Schwingen von Deckentragwerken nur selten eine Bemessungsrelevanz erreichte, wird bei neueren Konstruktionen mit geringen Bauteilmassen und Steifigkeiten die Begrenzung der personeninduzierten Schwingungen häufiger bemessungsrelevant. Das Schwingungsverhalten von Decken wird vor allem durch die Steifigkeit des Tragwerks und das Verhältnis von anregender zu erregter Masse beeinflusst. Ein weiterer wesentlicher Parameter ist die Strukturdämpfung, die insbesondere vom Ausbau positiv beeinflusst werden kann. Massenoptimierte Deckensysteme weisen bei geringer Steifigkeit und niedrigem Eigengewicht eine erhöhte Schwingungsanfälligkeit auf.

Die relevanten Teile des Eurocodes enthalten keine expliziten Vorgaben zur Begrenzung von Deckenschwingungen. Empfehlungen hierzu werden unter anderem durch ISO 10137 [4-49] sowie die DIN 4150-2 [4-50] gegeben. In zwei europäischen Forschungsprojekten [4-7] [4-8] wurden weitere Empfehlungen zur Beurteilung und

Klasse	OS-RMS ₉₀		Nutzungsart								
	Untergrenze	Obergrenze	Erschütterungs empfindliche Bereiche	Gesundheits einrichtungen	Bildungsstätten	Wohnräume	Büroflächen	Besprechungs- und Versammlungsflächen	Hotels	Industrielle Arbeitsräume	Sportstätten
A	0,0	0,1									
B	0,1	0,2									
C	0,2	0,8									
D	0,8	3,2									
E	3,2	12,8									
F	12,8	51,2									

Empfohlener Bereich

 Kritischer Bereich

 Nicht empfohlener Bereich

Tab. 4.3: Empfehlungen zur Einstufung in Akzeptanzklassen in Abhängigkeit der Flächennutzung und des OS-RMS₉₀-Wertes, vgl. [4-7]

Begrenzung von Deckenschwingungen im Hochbau erarbeitet. Dabei erfolgte die Entwicklung von Diagrammen, die in Kombination mit Handrechenformeln zur Ermittlung der modalen Massen und der Eigenfrequenzen eine einfache Beurteilung des Schwingungsverhaltens durch 6 definierte Akzeptanzklassen ermöglichen (Tab. 4.3). Die Unterteilung der Akzeptanzklassen beruht auf einem OS-RMS₉₀-Wert, der den Effektivwert eines Einzelschrittes (one step root mean square) angibt. Dieser deckt 90 % der normalen Schrittintensität von Menschen ab. Da Schwingungen, je nach den Gegebenheiten (Tätigkeit, Körperhaltung, Erwartung von Schwingungen, Zustand der Person), unterschiedlich wahrgenommen werden, sind für die verschiedenen Nutzungsformen die Deckenschwingungen unterschiedlich zu begrenzen.

Tab. 4.3 enthält die im Rahmen der europäischen Forschungsprojekte entwickelte Unterteilung in Akzeptanzklassen und die Empfehlungen für verschiedene Nutzungsarten. Während für die herkömmlichen Nutzungsarten, wie Wohnen, Büro, Hotel und Handel, eine Einstufung in die Akzeptanzklasse D als ausreichend beurteilt wird, ist für Gesundheits- und Bildungseinrichtungen die Akzeptanzklasse C einzuhalten.

Das Schwingungsverhalten von Deckentragwerken kann durch eine Erhöhung der modalen Masse und/oder der Dämpfung positiv beeinflusst werden. Die Gesamtdämpfung ergibt sich aus der Summe der Dämpfungsanteile des Tragwerks, des Ausbaus und der Ausstattung (Tab. 4.4). Bei multifunktionalen Gebäuden ist eine konservative Vorgehensweise, unter Berücksichtigung der relevanten Nutzungen die ungünstigste Gesamtdämpfung zu ermitteln und der

Berechnung zugrunde zu legen. Alternativ dazu sind die verschiedenen Nutzungsformen mit ihren jeweiligen Strukturdämpfungen zu untersuchen. Eine spätere Veränderung der Struktureigenschaften, z. B. durch den Einbau von Schwingungsdämpfern oder die Erhöhung der modalen Masse, ist i. d. R. mit einem höheren Aufwand verbunden und wird daher nicht empfohlen.

4.2.3.5 Bemessung für den Brandfall

Der konstruktive Brandschutz ist bei Bemessung von Stahl- und Verbundkonstruktionen von hoher Bedeutung. Aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit des Stahls tritt im Brandfall ein schneller Temperaturanstieg auf, der zu einem starken Abfall der Werkstofffestigkeit führt. So wird die Streckgrenze bei einer Temperatur von 600 °C um circa 50 % gegenüber dem Kaltzustand verringert (vgl. DIN EN 1993-1-2 [4-51]).

Zur Verzögerung der Erhitzung werden Stahlbauteile i. d. R. mit Platten, Putzen oder reaktiven Anstrichen versehen (vgl. Abschnitt 4.4). Bei kammerbetonierten Trägern oder Verbunddecken wird hingegen ein Ausfall des direkt beflamnten Stahls berücksichtigt. Die Beanspruchungen werden auf den geschützten Teil des Querschnittes (z. B. Betonstahl im Kammerbeton) umgelagert. Für die Bemessung von Stahl- und Verbundkonstruktionen im Brandfall gelten die Regelungen der DIN EN 1993-1-2 [4-51] sowie der DIN EN 1994-1-2 [4-52]. Die DIN EN 1994 ermöglicht im Teil 1-2 drei Nachweisstufen mit steigender Genauigkeit. In der ersten Stufe werden für bestimmte Bauteile, wie Kammerbetonträger und Kammerbetonstützen, konstruktive Vorgaben in Bemessungstabellen zur Verfügung gestellt. Bei Verbunddecken gelten die Bemessungsvorschriften der jeweiligen Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (AbZ). Weitere

Hinweise zur brandschutztechnischen Bemessung von Verbundträgern und Verbunddecken sind u. a. durch Schaumann et. al in [4-9] zusammengestellt.

In der DIN EN 1993-1-2 wird kein tabellarisches Bemessungsverfahren für Stahlbauteile bereitgestellt. Es muss mindestens ein Nachweis anhand einfacher Berechnungsmodelle erfolgen. Werden zum Schutz der Stahlprofile Gips-Feuerschutzplatten oder Gipsputze verwendet, kann auf die Bemessungstabellen der nationalen DIN 4102-4 [4-53] zurückgegriffen werden. Darüber hinaus werden entsprechende Bemessungstabellen durch die Hersteller von Brandschutzprodukten zur Verfügung gestellt. Genauere Informationen hierzu enthält Abschnitt 4.4.

Dämpfungsanteil	Hervorgerufen durch	Anteil
Struktur <i>D1</i>	Beton	2 %
	Stahl	1 %
Ausbau <i>D2</i>	Abgehängte Decke	1 %
	Schwimmender Estrich	1 %
	Schwimmende Bodenbeläge, z. B. Laminat	0 %
Ausstattung <i>D3</i>	Traditionelles Büro für 1 bis 3 Personen mit Trennwänden	2 %
	Großraumbüro, Bibliothek, Wohnen	1 %
	Paperless Office (z. B. Arzt, Besprechung), Ausbildungsräume, Sport, Handel, Industrie etc.	0 %
Gesamt $D = D1 + D2 + D3$		

Tab. 4.4: Dämpfungsanteile verschiedener Faktoren, vgl. [4-7].

4.3 Deckensysteme

4.3.1 Allgemeines

Untersuchungen im Forschungsprojekt FOSTA P881 [4-1] haben gezeigt, dass bei Primärtragwerken der größte ökologische und monetäre Einfluss durch die Deckensysteme verursacht wird. Der Einfluss der Stützen und Verbindungen liegt i. d. R. unter 20 %. Neben den ökologischen und monetären Einflüssen, wirkt sich insbesondere die Funktionalität von Deckensystemen auf die spätere Umnutzungsfähigkeit von Gebäuden aus. So beeinflussen beispielsweise die Spannweiten und die Notwendigkeit von Innenstützen oder die Möglichkeit, die technische Gebäudeausrüstung (TGA) innerhalb der Tragkonstruktion der Decke zu integrieren, die spätere Umnutzungsfähigkeit.

Bei den Deckensystemen von Geschossbauten in Stahl- und Verbundbauweise kommen zwei Grundprinzipien zur Anwendung. Die Decken können mit Unterzügen als Verbundträger oder als Flachdeckensysteme mit deckenintegrierten Trägern (Slim-Floor-Bauweise) ausgeführt werden. Zu diesen Grundprinzipien gibt es eine Reihe von Varianten, die sich in der Konstruktion und Herstellung, in ihrem Einsatzbereich und den Eigenschaften unterscheiden.

In den vergangenen Jahren erfolgte die Entwicklung einiger neuer Verbunddeckensysteme. Dazu zählen u. a. Flachdeckensysteme mit integrierten Verbundträgern und hohen Profilblechen für größere Spannweiten (vgl. Abschnitt 4.3.2) sowie multifunktionale Deckensysteme mit verbesserten Möglichkeiten zur Integration der technischen Gebäudeausrüstung. Zu den multifunktionalen Deckensystemen gehören Produktentwicklungen, wie die Systeme TOPfloor Integral ® [4-12], Slimline [4-13], die

Ceiltec® Deckenplatten [4-14], das an der RWTH Aachen entwickelte System „InaDeck“ [4-15] und die CLC-Decke [4-16]. Bei diesen Systemen werden Nachhaltigkeitsaspekte in erster Linie durch die Funktionalität und weniger über die Herstellungskosten und die Ökobilanz bedient. Hierzu gehören der hohe Vorfertigungsgrad zu Deckenmodulen, kurze Bauzeiten, stützenfreie Gebäudegrundrisse und vielfältige Möglichkeiten zur Installation der technischen Gebäudeausrüstung. Bisher wurden noch bei vergleichsweise wenigen Projekten multifunktionale Deckensysteme ausgeführt.

4.3.2 Unterzugdecken

4.3.2.1 Aufbau und Konstruktionselemente

Die Unterzugsdecken bestehen aus Stahlträgern mit Verbundmitteln, i. d. R. aufgeschweißte Kopfbolzendübel, die eine schubfeste Verbindung mit der Stahlbeton- oder Verbunddecke bilden. Dabei werden die Stahlträger als Walz- oder Schweißprofile, mit einfach- oder doppelsymmetrischem I-förmigen Querschnitt eingesetzt. Bei Schweißprofilen kann eine genauere Auslegung der Querschnittsteile (Gurte und Steg) auf die Beanspruchungen im Bau- und Endzustand sowie nach den konstruktiven Randbedingungen erfolgen. Den hierdurch erzielten Einsparungen an Stahlmassen steht ein höherer Fertigungsaufwand gegenüber. Die Deckenplatten werden aus Ortbeton, Halbfertigteilen oder Profilblechen mit Aufbeton oder aus Fertigteilen mit Fugenverguss hergestellt.

Unterzugdecken ermöglichen eine hohe Flexibilität in der Grundrissgestaltung. Mit moderatem Materialeinsatz können große Spannweiten erzielt und Innenstützen vermieden werden. Die Deckenträger können mit Steg-

Abb. 4.3: Verbunddecken mit Unterzügen

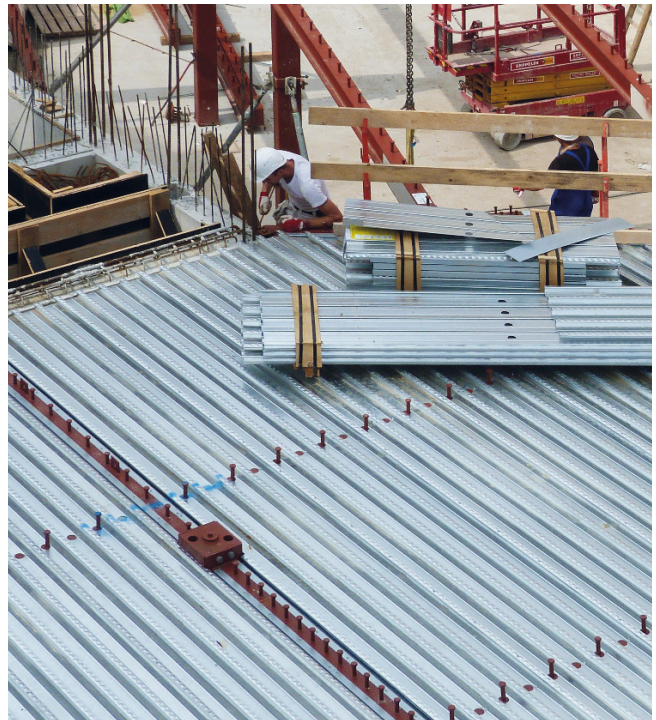
oben links: Unterzugdeckenträger mit Kopfbolzen und Verbundblech

oben rechts: Verlegen von Verbundblechen auf Unterzugträgern

unten links: Lochstegträger mit großer Spannweite, engem Trägerraster und Montageunterstützung unter den Trägern für die Betonage

unten rechts: Kammerbetonträger mit kurzer Spannweite, weitem Trägerraster und Unterstützung der Verbunddecke für die Betonage

Fotos: Ch. Radermacher, ArcelorMittal Construction (links) | Montana Bausysteme AG (oben rechts) | verbundhochdrei GmbH (unten rechts)



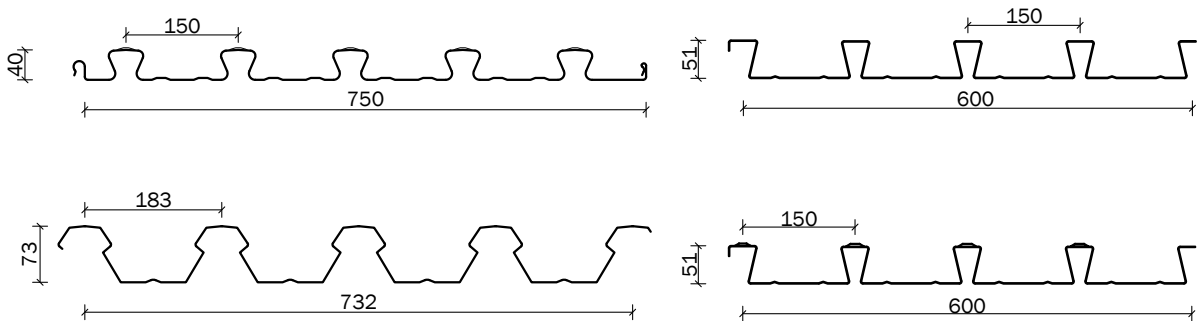


Abb. 4.4: Beispiele für Querschnitte von Profilblechen mit Verbundwirkung

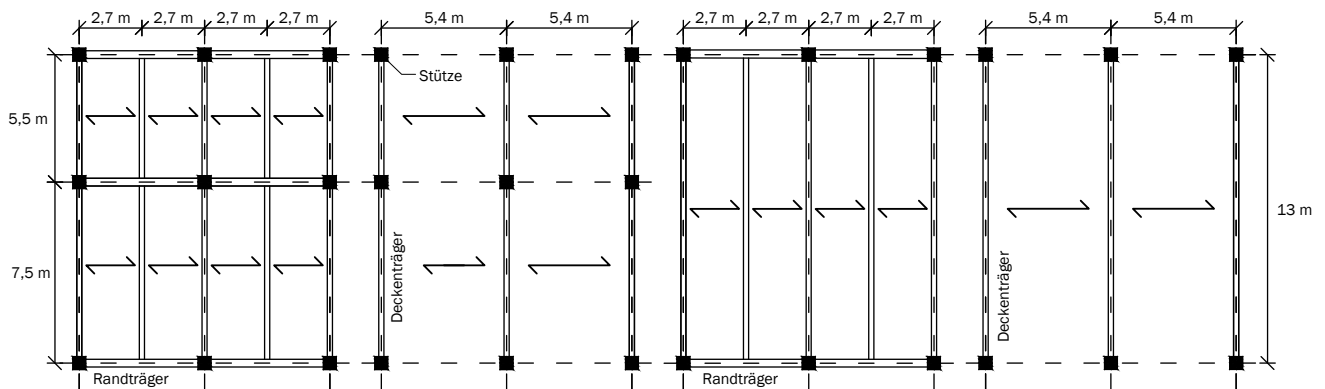


Abb. 4.5: Träger- und Stützenabstände der Unterzugdecken mit Ein- und Zweifeldverbundträgern

öffnungen versehen und zur Integration der TGA in der Tragwerksebene genutzt werden. Die Mindestabmessungen der Stegöffnungen werden in der Regel durch Lüftungskanäle oder durch Abwasserleitungen mit ihrem Mindestgefälle bestimmt.

Bei Deckensystemen mit geringen Spannweiten, beispielsweise durch die Anordnung von Innenstützen, führen Unterzugdecken mit Verbundträgern zu einem sehr geringen Materialeinsatz. Die niedrigen Trägerhöhen ermöglichen es jedoch häufig nicht, die TGA innerhalb der Tragstruktur zu integrieren, da die Höhe der Stegöffnungen begrenzt ist.

Als Unterzugträger werden im Allgemeinen Walzprofile der Reihen IPE und ggf. HEA eingesetzt. Dabei sind die IPE-Profile aus ökologischer und ökonomischer Sicht oft vorteilhafter als HEA-Profile. Die größeren Profilhöhen bieten mehr Raum für Installationen. Das höhere Konstruktionsgewicht der HEA-Profile kann durch die Einsparungen bei den Fassadenflächen oft nicht vollständig kompensiert werden. Im Rahmen des Forschungsprojektes P881 wurde auch der Einsatz von

Schweißprofilen untersucht. Dabei zeigte sich, dass mit den Materialeinsparungen gegenüber IPE-Profilen die ökologischen Auswirkungen um 7 bis 10 % reduziert werden können. Dem gegenüber steht jedoch der erhöhte Fertigungsaufwand.

4.3.2.2 Parameterstudie zu Ausführungsvarianten

Abb. 4.5 zeigt vier mögliche Varianten zur Gestaltung von Unterzugsdecken. In der folgenden Parameterstudie werden Unterzugdecken mit Verbundträgern und Verbunddecken mit einem Abstand der Außenstützen von 13 m untersucht. Der Stützenabstand in Gebäudequerrichtung beträgt 5,4 m. Es ist ein Trägerabstand von 2,7 m und 5,4 m berücksichtigt. Weiterhin werden Systeme mit und ohne Innenstützen verglichen.

Bei den Tragwerken mit Innenstützen ist die innere Stützenreihe um einen Meter versetzt zur Gebäudemitte angeordnet, um einen stützenfreien Mittelgang zu ermöglichen (Abb. 4.5). Als Unterzüge sind Walzprofile der IPE-Reihe mit den Stahlgüten S355 und

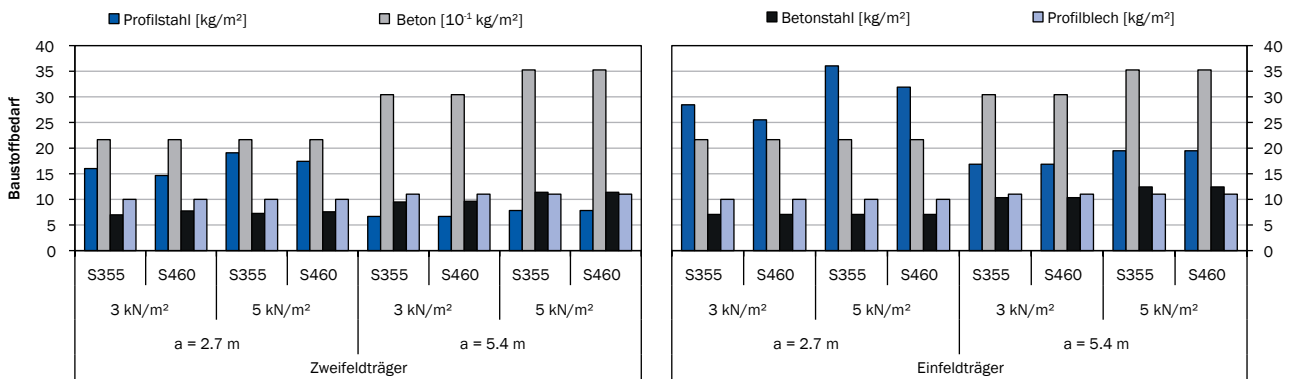


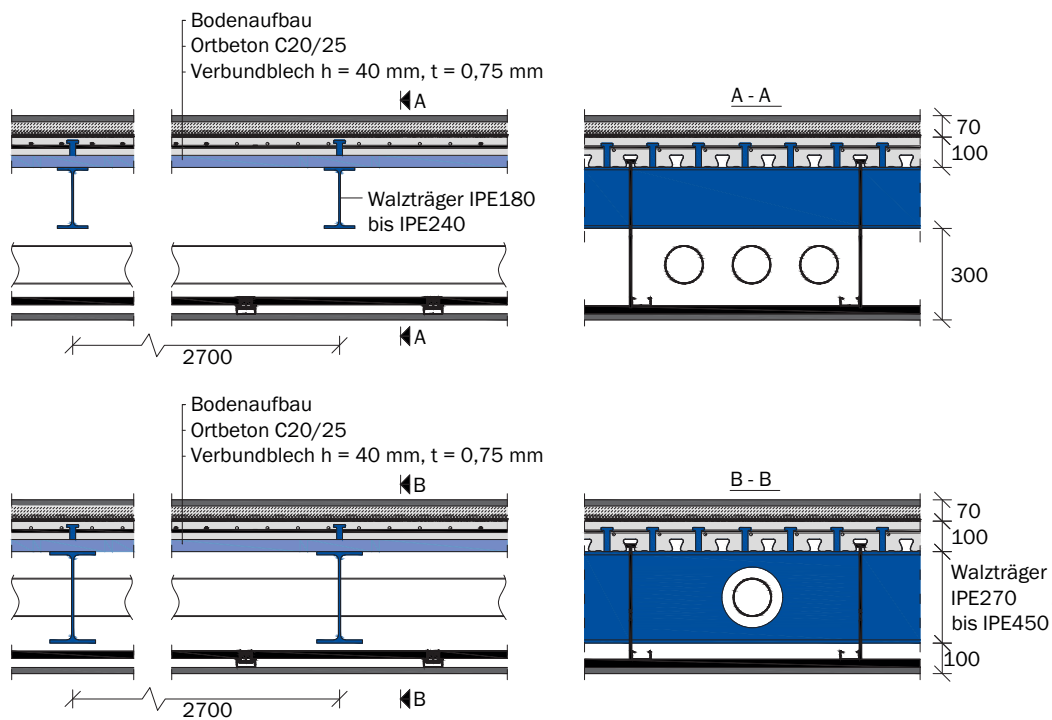
Abb. 4.6: Baustoffbedarf der Unterzugdecken nach Abb. 4.5 mit Ein- und Zweifeldverbundträgern der Reihe IPE aus S355 und S460 bei einer Nutzlast von 3,0 und 5,0 kN/m²

S460 berücksichtigt. Die Verbunddecken bestehen aus einem Verbundblech mit einer zusätzlichen Bewehrung für eine Feuerwiderstandsdauer R90 und einer Ortbetonergänzung C20/25 (Abb. 4.7). Die Untersuchungen in den Projekten P881 und P1118 zeigen, dass die Erhöhung der Betonfestigkeit zwar zu einer geringen Reduktion der Deckenstärke führt, jedoch die Kosten und ökologischen Auswirkungen aufgrund des erhöhten Zementgehalts im Beton nicht gemindert werden (vgl. Abschnitt 2.4).

Bei den Tragwerken mit einem Trägerabstand von 2,7 m sind Verbundbleche mit 40 mm Höhe und mit einer Blechstärke von 0,75 mm und einer Deckenstärke von 100 mm berücksichtigt. Letztere ist unabhängig von der einwirkenden Nutzlast und durch Einhaltung der Mindesthöhe definiert. Bei einem Trägerabstand von 5,4 m sind Verbundbleche mit 51 mm Höhe und mit einer Blechdicke von 0,75 mm angesetzt. Die Deckenstärke beträgt in Abhängigkeit der Nutzlast 135 mm oder 155 mm. Das Deckensystem führt unter den vorliegenden Randbedingungen zur geringsten ökologischen Belastung.

Abb. 4.6 zeigt den Vergleich der Baustoffmassen der Deckensysteme. Die Werte des Betons sind dabei mit dem Faktor 10 zu multiplizieren. Erwartungsgemäß erfordern Deckensysteme mit Einfeldträgern einen deutlich höheren Baustahlbedarf als Systeme mit Zweifeldträgern. Eine Erhöhung der Stahlfestigkeit von S355 auf S460 führt bei den Systemen mit einem Trägerabstand von 2,7 m zu einer Reduktion der Baustahlmasse. Der Trägerquerschnitt kann eine Abstufung kleiner gewählt werden (z. B. von IPE 270 auf IPE 240). Eine Erhöhung der Nutzlast von 3,0 auf 5,0 kN/m² führt hingegen zu einem größeren Trägerquerschnitt. Für Systeme mit einem Trägerabstand von 2,7 m ist ein deutlich höherer Stahlbedarf erforderlich als bei einem Abstand von 5,4 m. Der Grund ist, dass bei dem Stützenabstand 5,4 m Randträger und bei den Zweifeldsystemen zusätzlich ein innerer Längsträger benötigt werden, um die Deckenträger zwischen den Stützen zu lagern. Der Beton- und Betonstahlbedarf kann hingegen durch den geringeren Trägerabstand reduziert werden. Der Profiblechbedarf verringert sich aufgrund der einheitlichen Blechdicke nur unwesentlich.

Verbundträgersysteme mit engem Trägerabstand als Ein- und Zweifeldträger



Verbundträgersysteme mit weitem Trägerabstand als Ein- und Zweifeldträger

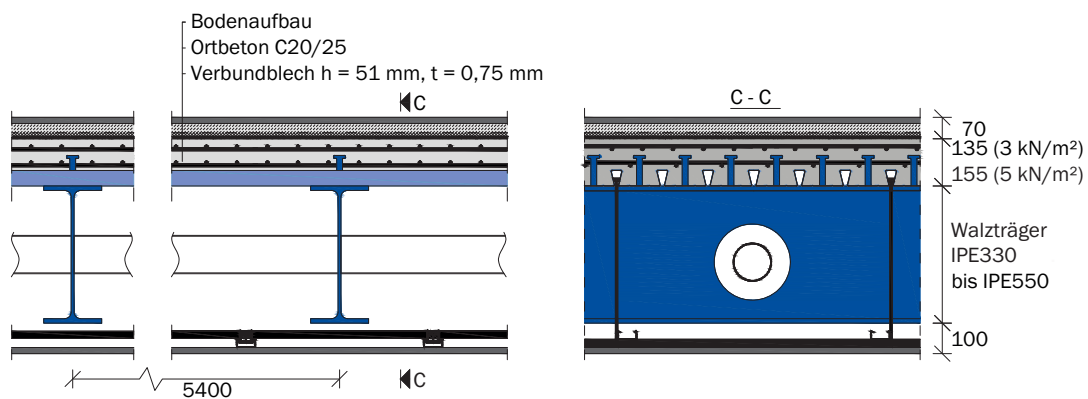


Abb. 4.7: Quer- und Längsschnitte der Unterzugdeckensysteme

Anhand der Baustoffmassen und Transportwege sowie den Produktions- und Montagevorgängen können die ökologischen Aufwendungen sowie die Realisierungskosten der Decken berechnet werden. Abb. 4.8 zeigt den Primärenergiebedarf als repräsentativen Indikator für die Ökologie. Der prozentuale Vergleich der Realisierungskosten gibt das Kostenverhältnis der Unterzugdecken, Flachdecken und des TOPfloor Integral® Systems zueinander wieder. Die 100 % erhält das Deckensystem mit den höchsten Realisierungskosten. Hinweise zur Berechnung enthält Abschnitt 2.4.

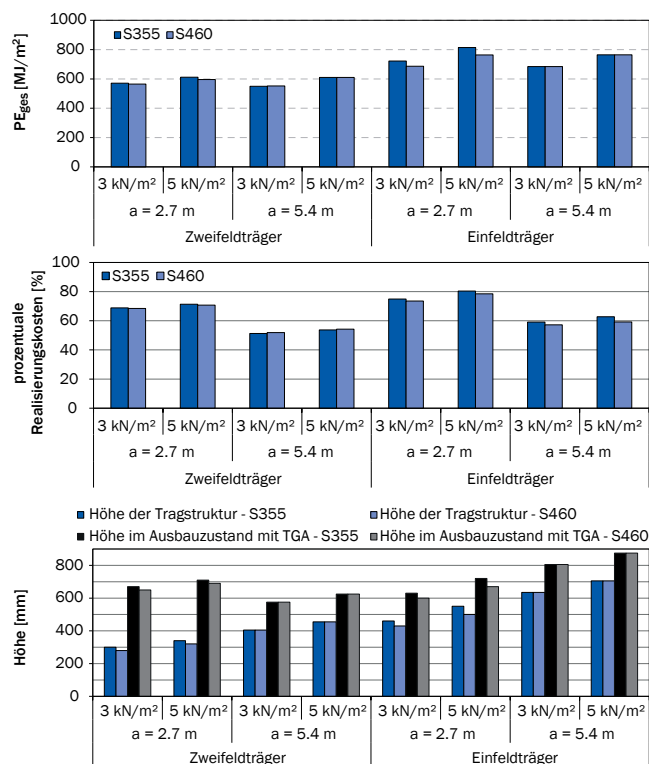


Abb. 4.8: Primärenergiebedarf, Realisierungskosten und Höhe der Unterzugverbunddecken als Ein- und Zweifeldverbundträger

Wie Abb. 4.8 zeigt, führt der erhöhte Baustahlbedarf der Einfeldträger zu einer Steigerung des Primärenergiebedarfs von circa 20 % gegenüber den Zweifeldsystemen. Der Trägerabstand hat hingegen keinen wesentlichen Einfluss auf die Ökologie. Durch die Verringerung des Profilquerschnittes bei Systemen mit einem Trägerabstand von 2,7 m und die Wahl der Stahlgüte S460 kann eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs erreicht werden.

Die Rohbaukosten der Decken können durch die Wahl des Trägerabstandes mit 5,4 m deutlich reduziert werden. Die Einsparung beträgt circa 25 % gegenüber den Systemen mit einem Abstand von 2,7 m. Die erforderlichen Rand- und Mittelträger führen zu einer Erhöhung der Materialkosten. Zudem werden die Fertigungs- und Montagekosten durch die Anzahl der Anschlüsse erhöht. Der Vergleich zwischen Ein- und Zweifeldsystemen zeigt, dass trotz des höheren Stahlbedarfs bei Einfeldsystemen der Kostenanstieg noch unter 10 % liegt.

Decken mit ausreichend hohen Unterzügen bieten den Vorteil, dass die Gebäudetechnik in der Trägerebene installiert werden kann. Bei zu geringen Trägerhöhen muss die TGA hingegen unter dem Tragwerk geführt werden. Abb. 4.7 zeigt einen Vergleich der Höhen der Tragssysteme sowie der Decken im Ausbauzustand. Dabei ist ein einfacher Bodenaufbau mit schwimmendem Estrich sowie eine abgehängte Decke unter den Trägern berücksichtigt worden. Zudem wurde vorausgesetzt, dass die Träger zur Durchführung von Leitungen eine ebene Steghöhe von mindestens 20 cm aufweisen müssen. Bei geringeren Querschnitten als IPE 270 wurde daher die Anordnung der Gebäudetechnik unterhalb der Träger angenommen. Unter diesen Randbedingungen ergeben sich bei den Systemen mit Zweifeldträgern im Abstand von 5,4 m und mit Einfeldträgern im Abstand von 2,70 m die geringsten Deckenhöhen im Ausbauzustand. Die

Abb. 4.9: Flachdecken und multifunktionale Decken
oben links: Flachdeckensystem mit deckenintegrierten Trägern und Additivdecke
oben rechts: Installation der Gebäudetechnik unter einer Additivdecke
unten links: Montage eines Slimline Deckenelementes
unten rechts: Slimline Deckensystem mit installierter Gebäudetechnik im Deckenhohlraum und thermisch aktiven Bodenaufbau
Fotos: Ch. Radermacher, ArcelorMittal Construction (oben) | Slimline Buildings B.V. (unten)



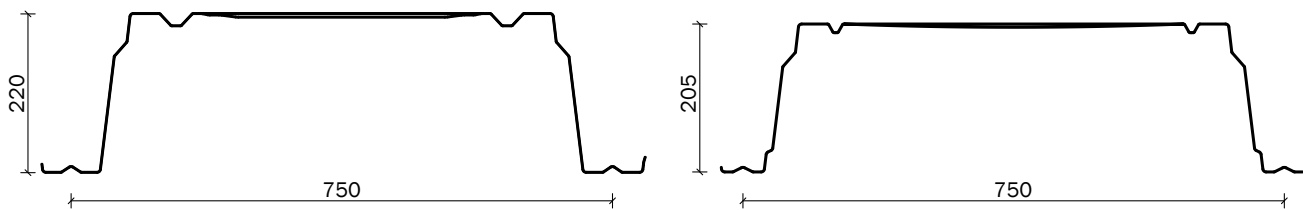


Abb. 4.10: Beispiele für Querschnitte von Profilblechen mit additiver Tragwirkung

Auswahl eines Deckensystems mit dem Ziel einer geringen Konstruktionshöhe und somit einer geringen Fassadenfläche hängt zusätzlich davon ab, ob die Leitungsführung der TGA auf die Mittelzone des Gebäudes beschränkt bleiben kann und welche lichte Raumhöhe dort benötigt wird.

4.3.3 Flachdecken mit deckenintegrierten Trägern

4.3.3.1 Aufbau und Konstruktionselemente

Flachdecken weisen entsprechend ihrer Bezeichnung eine vergleichsweise geringe Konstruktionshöhe auf. Sie erfordern abhängig von der Gebäudebreite oft innere Stützenreihen. Die TGA muss unter der Tragwerksebene in abgehängten Decken und/oder in darüber liegenden Doppel- bzw. Hohlraumböden angeordnet werden. Übliche Rastermaße typischer Flachdecken in Stahl- und Verbundbauweise sind in [4-10] und [4-17] zusammengefasst. In Abhängigkeit des Träger- und Stützenabstandes können die Systeme mit oder ohne Randträger ausgeführt werden. Kleine Trägerabstände führen zu geringeren Konstruktionshöhen, einem geringeren Beton- und Betonstahl-, jedoch einem höheren Baustahlbedarf, da Randträger benötigt und die Biegemomente mit einem geringeren inneren Hebelarm abgetragen werden. Entspricht der Abstand der Deckenträger dem Stützenabstand, kann auf die Randträger verzichtet werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen aus dem Forschungsprojekt P881 erfolgte im Projekt P1118 die Untersuchung von Flachdeckensystemen mit deckenintegrierten Trägern (IFB). Die Verbundwirkung der integrierten Deckenträger mit dem Beton wird über aufgeschweißte oder horizontal liegende Kopfbolzen oder mit Bohrungen im Steg und durchgesteckten Bewehrungsstäben herge-

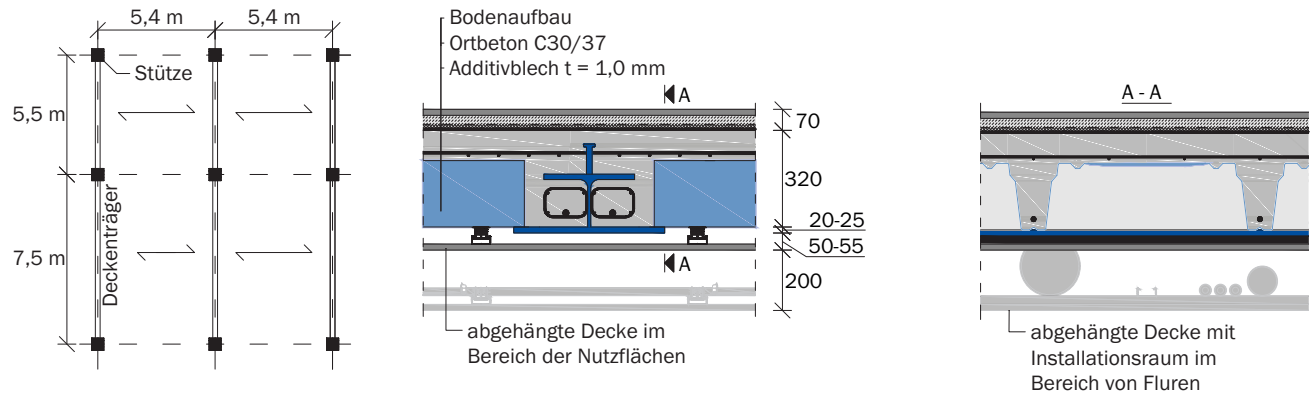
stellt. Auch der Einsatz von \perp -Profilen mit als Dübelleiste profiliertem Steg ist möglich. Weitere Informationen zu Flachdeckensystemen sind u. a. bei Schäfer et. al [4-18] zu finden.

Um den Abstand der Deckenträger zu erhöhen, werden Spannbetonhohldielen oder hohe Profilbleche eingesetzt. Letztere dienen als selbsttragende Schalung, profilieren den darüberliegenden Stahlbeton zur Rippendecke und reduzieren dadurch die Betonmassen. Je nach Ausbildung wirken die Profilbleche nach Fertigstellung der Decke im Verbund mit dem Stahlbeton oder als additives Tragelement (im Weiteren auch als Additivdecke bezeichnet).

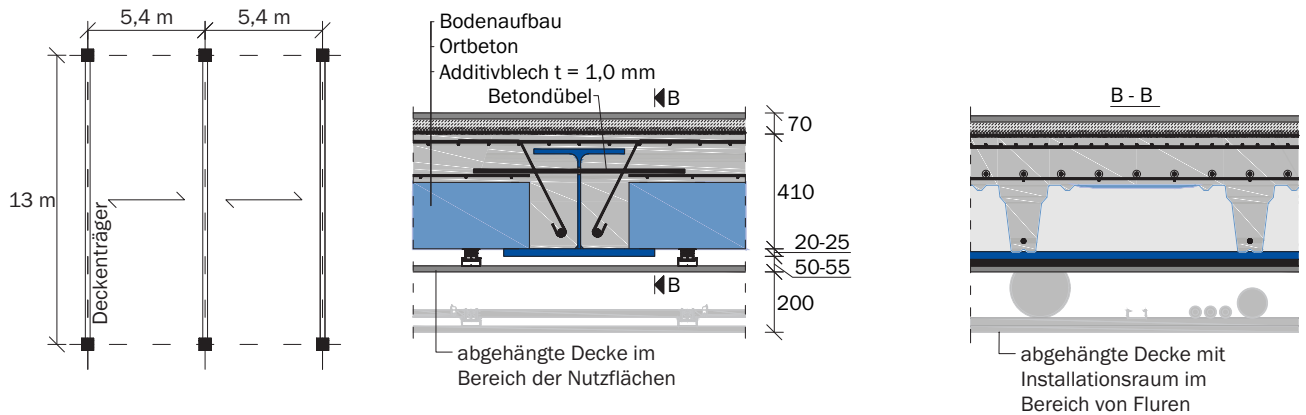
4.3.3.2 Parameterstudie zu Ausführungsvarianten

Nachfolgend werden Flachdecken mit Spannbetonhohldielen (SBH), Stahlbetondecken in Ortbetonbauweise und Additivdecken im Rahmen einer Parameterstudie verglichen (Abb. 4.11). Die Trägerabstände entsprechen bei allen Systemen den Stützenabständen, sodass keine Randträger und innere Längsträger erforderlich sind. Abb. 4.11 zeigt die Träger- und Stützenraster sowie die Quer- und Längsschnitte der Flachdecken. Bei Decken mit Spannbetonhohldielen werden Zweifeldsysteme mit 5,4 und 8,1 m Trägerabstand berücksichtigt. Die Höhe der Spannbetonhohldielen beträgt 200 mm bei einer Nutzlast von 3,0 kN/m² und 265 mm bei 5,0 kN/m². Die Zweifeldsysteme mit Stahlbeton und Additivdecken haben einen Trägerabstand von 5,4 m. Für die Stahlbetondecken wurden eine Betonfestigkeit C20/25 und Plattendicken von 265 oder 285 mm berücksichtigt. Bei den Additivdecken musste hingegen wegen der geforderten Feuerwiderstandsklasse R90 eine höhere Betonfestigkeit C30/37 zugrunde gelegt werden.

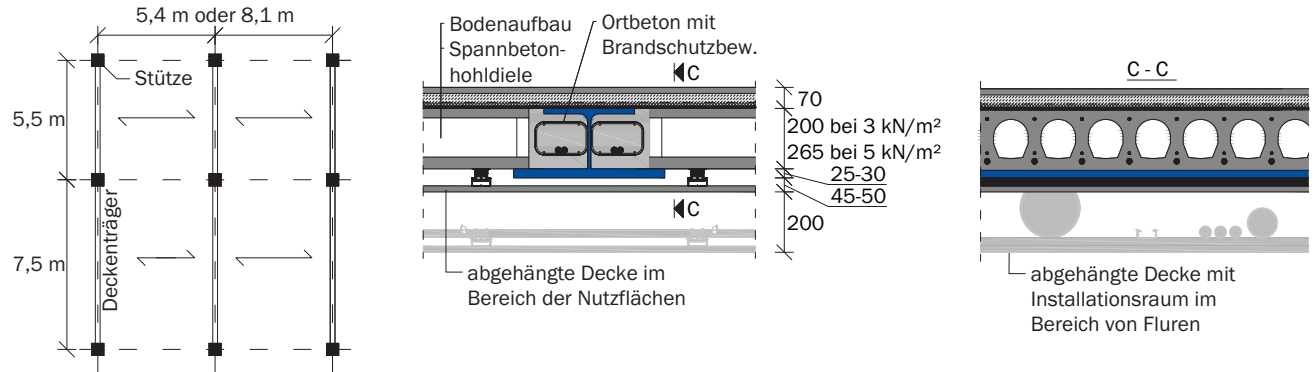
IFB als Zweifeldträger mit 5,4 m Trägerabstand und Additivdecke (AD)



IFB als Einfeldträger mit 5,4 m Trägerabstand und Additivdecke (AD)



IFB als Zweifeldträger mit 5,4 oder 8,1 m Trägerabstand und Spannbetonhohlziele (SH)



IFB als Zweifeldträger mit 5,4 m Trägerabstand und Ortbetondecken

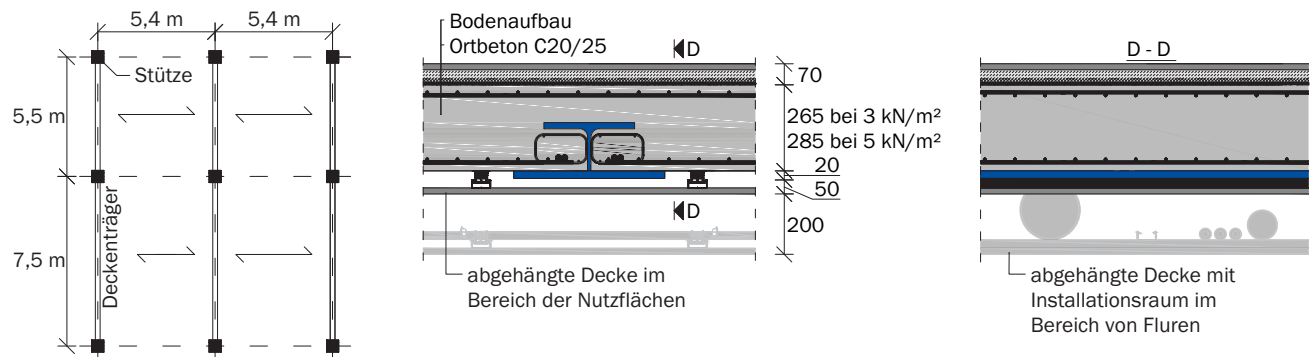


Abb. 4.11: Träger- und Stützenraster sowie Quer- und Längsschnitte der Deckensysteme mit deckenintegrierten Trägern (IFB)

Im Brandfall ist ohne ergänzende Schutzmaßnahmen von einem vollständigen Ausfall der Profilbleche und einer Tragfähigkeitsminderung der Stahlbetonrippenquerschnitte auszugehen. Eine ausreichende Stand-sicherheit kann dann durch die Erhöhung des Gesamtquerschnittes oder die Wahl einer höheren Betonfestigkeit erreicht werden. Die letztere Variante ist die wirtschaftlichere. Die Deckenhöhe beträgt 320 mm.

Additivdecken führen gegenüber herkömmlichen Stahlbetondecken zu einer deutlichen Verringerung des Betonbedarfs. Durch die Reduzierung des Eigengewichtes können Spannweiten bis circa 14 m erreicht werden. Die Verbundwirkung wird durch Stahlbetondübel hergestellt. Dazu werden Bohrungen im Trägersteg angeordnet, durch die Betonstähle hindurchgeführt werden. Untersuchungen zur Tragwirkung der Slim-Floor-Träger mit Stahlbetondübeln (CoSFB) werden u. a. von Braun et. al [4-19]–[4-22] beschrieben. Die Bemessung wird durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) [4-54] geregelt. Durch die gewählten Verbundmittel kann die Höhe des Aufbetons im Vergleich zur Lösung mit aufgeschweißten Kopfbetondübeln reduziert und das Eigengewicht der Decke weiter verringert werden. Die Deckenhöhe für die untersuchte Spannweite von 13 m beträgt 410 mm. Im GZT wird lediglich eine Höhe von 390 mm benötigt. Maßgebend für die Bemessung wird jedoch die Begrenzung der Deckenschwingungen. Hierzu muss die modale Masse der Decke erhöht werden.

Abb. 4.12 zeigt den Baustoffbedarf, den Primärenergiebedarf, die prozentualen Realisierungskosten sowie die Höhe der Tragstruktur und Decken im Ausbauzustand. Bei den Flachdeckensystemen mit Additivdecken gibt es erwartungsgemäß deutliche Unterschiede im Beton- und Baustahlbedarf, wenn die Systeme mit Ein- oder Zweifeldträgern ausgeführt werden. Die Unterschiede im

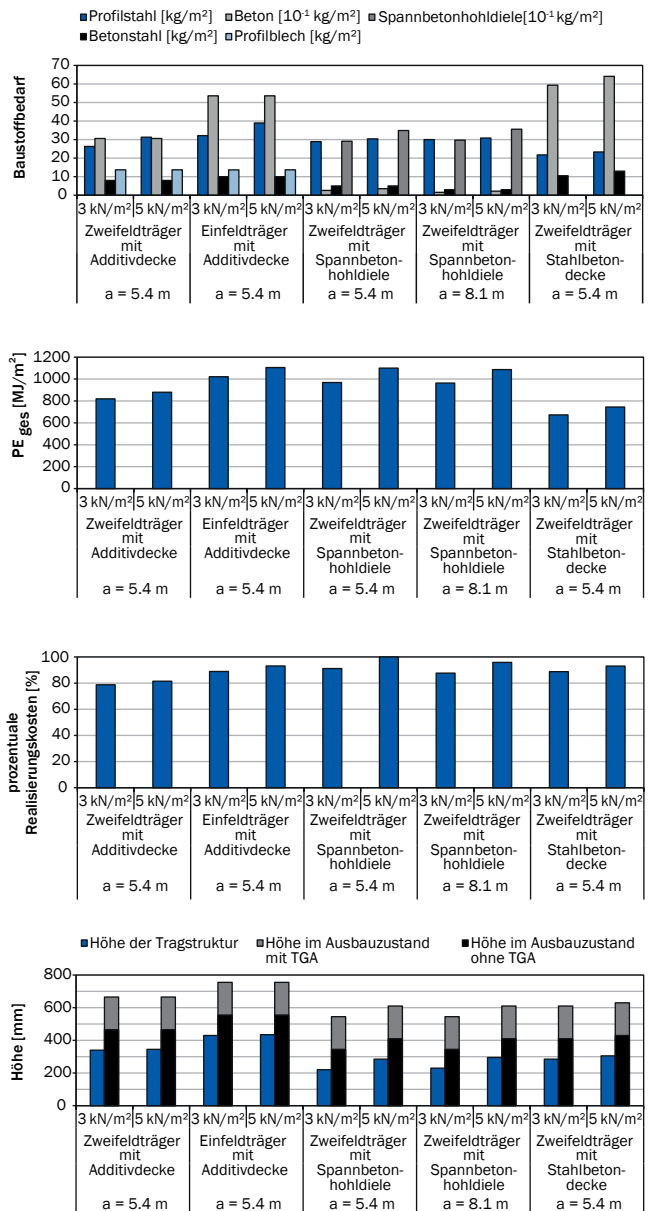


Abb. 4.12: Baustoffbedarf, Primärenergiebedarf, Realisierungskosten und Höhen der Flachdeckensysteme

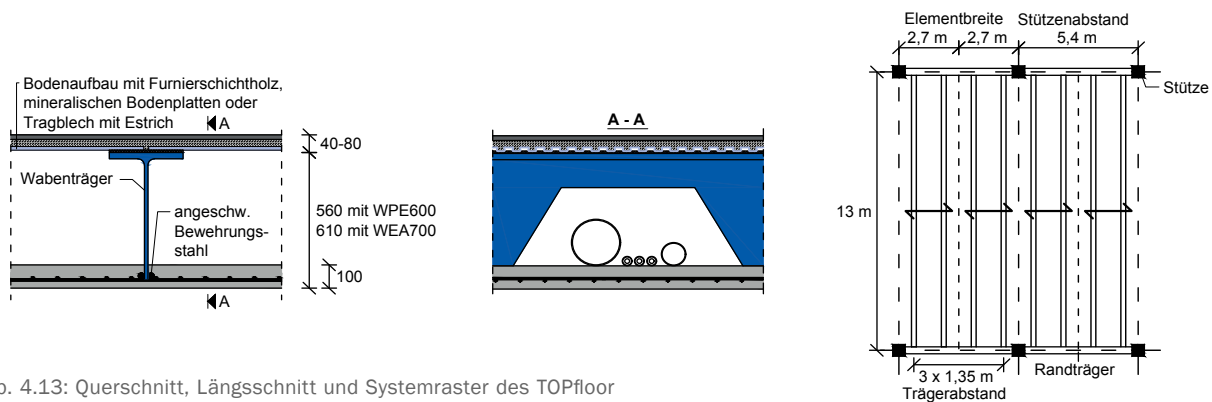


Abb. 4.13: Querschnitt, Längsschnitt und Systemraster des TOPfloor Integral® Systems

Profilblech- und Betonstahlbedarf sind hingegen gering. Eine Erhöhung der Nutzlast wirkt sich nur auf den Profilstahlbedarf aus. Die Deckenstärken und der damit verbundene Betonbedarf bleibt hingegen unverändert. Im Unterschied dazu führt eine Nutzlasterhöhung bei den Spannbetonhohldielen zu größeren Dielenstärken. Dies wirkt sich auf den Baustoffbedarf aus. Die Erhöhung der Stützweite von 5,4 m auf 8,1 m beeinflusst den Baustoffbedarf hingegen nur gering. Zwar werden bei 8,1 m Spannweite deutlich größere Trägerquerschnitte erforderlich, der Profilstahlbedarf je m^2 nimmt jedoch wegen des größeren Trägerabstandes nur geringfügig zu. Der Beton- und Betonstahlbedarf je m^2 verringert sich sogar.

Flachdeckensysteme mit Stahlbeton führen zu Einsparungen beim Profilstahl, erfordern jedoch die größten Beton- und Betonstahlmassen. Die Erhöhung der Nutzlast wirkt sich nur geringfügig auf den Baustoffbedarf aus. Die hohe Eigenlast des Deckensystems führt zu erhöhten Aufwendungen bei den lastabtragenden Stützen und Gründungskörpern.

Die Gegenüberstellung der Unterzug- und Flachdeckensysteme (Abb. 4.8 und Abb. 4.12) zeigt, dass zur Herstellung der Flachdecken ein deutlich höherer, teilweise doppelt so hoher Primärenergiebedarf entsteht. Beim Vergleich der Flachdecken in Bezug auf den Primärenergiebedarf schneiden die Zweifeldsysteme mit Stahlbetondecken trotz der hohen Betonmassen am günstigsten ab. Dies liegt an den ungünstigen Ökobilanzwerten der Spannbetonhohldielen und der Profilbleche sowie dem höheren Baustahlbedarf der anderen Deckensysteme. Die Realisierungskosten der Flachdeckensysteme liegen mit 79 bis 100 % etwas über den Kosten der Unterzugsdecken mit einem Trägerabstand von 2,7 m. Analog zu den Baustoffmassen sind die Kostenunterschiede bei einer Erhöhung der Nutzlast von

3,0 auf 5,0 kN/m^2 überwiegend gering. Deutlichere Unterschiede ergeben sich bei den Deckensystemen mit Spannbetonhohldielen. Die Kostendifferenz zwischen den Flachdecken mit Additivdecken als Ein- und Zweifeldsystem beträgt circa 13,5 %.

Beim Vergleich der Konstruktionshöhen werden die Höhen der Deckentragwerke, der Ausbau mit schwimmendem Estrich, abgehängten Decken sowie ein Installationsraum von 20 cm für die TGA berücksichtigt (Abb. 4.12). Die Konstruktionshöhen liegen deutlich unter den Werten der Unterzugdecken (vgl. Abb. 4.8). Flachdecken mit Spannbetonhohldielen und solche mit Stahlbetondecken haben die geringste Höhe. Die größte Konstruktionshöhe weisen erwartungsgemäß die Flachdecken mit Additivdecken als Einfeldträger auf. Wird der Ausbau einschließlich eines Installationsraumes von 20 cm berücksichtigt, so werden bei den Flachdeckensystemen näherungsweise die gleichen Höhen wie bei den Unterzugdecken erreicht. Daher sollte im Planungsprozess geprüft werden, inwieweit die TGA über abgehängte Decken in Flurbereichen eines Gebäudes installiert und dort die lichte Raumhöhe reduziert werden kann. Ist dies möglich, können die Gebäudehöhe und die Fassadenflächen insgesamt reduziert werden.

4.3.4 Multifunktionale Deckensysteme

4.3.4.1 Konstruktion

Exemplarisch wird das System TOPfloor Integral® in die Untersuchungen aufgenommen und mit den herkömmlichen Flach- und Unterzugdecken verglichen. Das System besteht aus wabenförmig halbierten Walzträgern, an deren Stegen jeweils zwei Bewehrungsstäbe angeschweißt

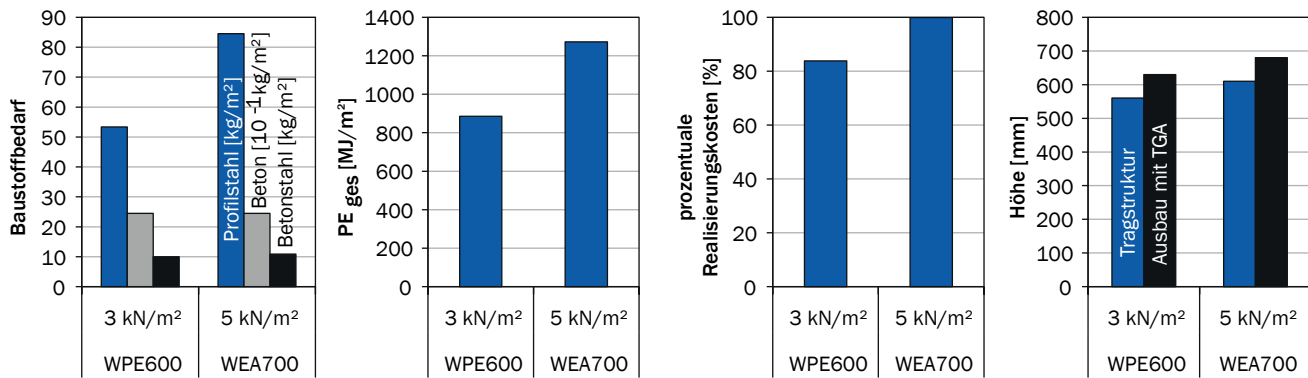


Abb. 4.14: Baustoff- und Primärenergiebedarf, Realisierungskosten und Höhen der TOPfloor Integral® Decken

sind, die den Verbund mit einer dünnen Stahlbetonplatte herstellen. Es kann in Positivlage mit oberliegender Betonplatte oder, wie in Abb. 4.13 dargestellt, in Negativlage mit untenliegender Betonplatte ausgeführt werden. Die wabenförmigen Öffnungen ermöglichen es, die Gebäudetechnik senkrecht zur Spannrichtung der Deckenmodule zu führen. Vorteile der Negativlage sind die Zugänglichkeit der Technik vom jeweils genutzten Geschoss und der Brandschutz durch die untenliegende Stahlbetonplatte.

Das System wurde bisher mit einem Trägerabstand von 1,25 m eingesetzt [4-12]. Die Anpassung auf einen größeren Abstand ist jedoch möglich [4-23]. Die Betonplatte des Deckensystems wird unabhängig von ihrer Lage nicht vorgespannt. Dies ermöglicht die Verwendung eines normalfesten Betons C20/25. Unter Umständen ist zur Sicherung des Verbundes eine höhere Betonfestigkeit erforderlich. Untersuchen zum Tragverhalten und der Bemessung wurden von Mensinger, Fontana und Frangi in [4-24] und [4-25] beschrieben.

4.3.4.2 Parameterstudie und Vergleich mit anderen Systemen

Im Forschungsprojekt P1118 erfolgte die Untersuchung des TOPfloor Integral® Systems in Negativlage. Es wurde ein Trägerabstand von 1,35 m und ein Stützabstand von 5,4 m berücksichtigt. Die Dicke der Deckenplatte aus Beton C20/25 beträgt 100 mm. Für den Wabenträger wird bei einer Nutzlast von 3 kN/m² ein WPE600 (aus IPE600), bei 5 kN/m² ein WEA700 (aus HEA700) aus S355 benötigt. Durch die Verwendung einer höheren Stahlgüte kann der Querschnitt nicht reduziert werden, da der Steg im Bereich der Wabenöffnung aufgrund seiner Beulgefährdung nicht ausgenutzt werden kann.

Abb. 4.14 zeigt den Baustoff- und Primärenergiebedarf, die prozentualen Realisierungskosten sowie die Höhe der Tragstruktur und des Deckensystems im Ausbauzustand. Der Profilstahlbedarf ist aufgrund des engen Trägerasters und der erforderlichen Randträger deutlich höher als bei Unterzug- und Flachdeckensystemen. Dies wirkt sich unmittelbar auf den Primärenergiebedarf des Deckensystems aus. Bei einem Nutzlastanstieg von 3,0 auf 5,0 kN/m² steigt der Stahlbedarf infolge des Profilwechsels um 58 %. Der Primärenergiebedarf steigt um 44 %. Bei geringeren Spannweiten, die keinen Wechsel der Profilreihe erforderlich machen, wirkt sich die Nutzlasterhöhung weniger stark aus.

Die prozentualen Realisierungskosten fallen vergleichbar zu denjenigen der Flachdecken mit Spannbetonhohldielen aus. Durch die Erhöhung der Nutzlasten von 3 auf 5 kN/m² steigen die Kosten um circa 16 % an. Die Deckenhöhe nimmt hingegen nur geringfügig zu. Da die TGA innerhalb der Tragwerkebene installiert werden kann und keine abgehängten Decken erforderlich sind, wird eine sehr geringe Höhe im Ausbauzustand erzielt. Mit dem Einsatz des Deckensystems und ihren funktionalen Vorteilen besteht die Möglichkeit, durch Einsparungen in der Bauhöhe des Deckenpaketes die Fassadenfläche zu reduzieren.

4.4 Brandschutz

4.4.1 Brandschutzsysteme für Stahl- und Verbundkonstruktionen

Der Brandschutz von Stahl- und Verbundkonstruktionen kann durch verschiedene Systemlösungen erreicht werden. Zur Vermeidung einer direkten Beflammung und zur Verzögerung der Erhitzung können die Stahlbauteile mit Beschichtungen oder Verkleidungen geschützt werden. Alternativ können kammerbetonierte offene Profile oder ausbetonierte Hohlprofile verwendet werden (Abb. 4.15). Im Brandfall wird von einem Ausfall der ungeschützten Stahlquerschnitte und -querschnittsteile abgesehen. Die Lasten werden dann in die geschützten Querschnittsteile und die bewehrten Betonquerschnitte umgelagert. Wird nur eine geringe Feuerwiderstandsklasse gefordert, kann ggf. durch die Verwendung eines größeren Profilquerschnittes oder einer höheren Stahlgüte auf zusätzliche Brandschutzmaßnahmen verzichtet werden. Weiterhin werden durch verschiedene Hersteller hitzebeständige Stahlprofile angeboten, die einer geringen Brandbeanspruchung widerstehen.

Bei Deckenträgern kann auf eine Verkleidung oder auf Kammerbeton verzichtet werden, wenn eine Brandbeanspruchung von unten durch eine Brandschutz-Unterdecke verhindert wird und eine Brandbeanspruchung von oben oder im Zwischenraum ausgeschlossen werden kann. Nähere Hinweise hierzu enthält Abschnitt 4.4.5.

Die Beschichtung oder Verkleidung von Stahlprofilen kann mit Putzen oder Brandschutzplatten auf Gipsbasis oder Zementbasis mit Leichtzuschlägen erfolgen. Gips-Feuerschutzplatten werden an dünnwandige kaltgewalzte Stahlprofile geschraubt, die an den Gurten der Träger befestigt sind. Spezielle Brandschutzplatten

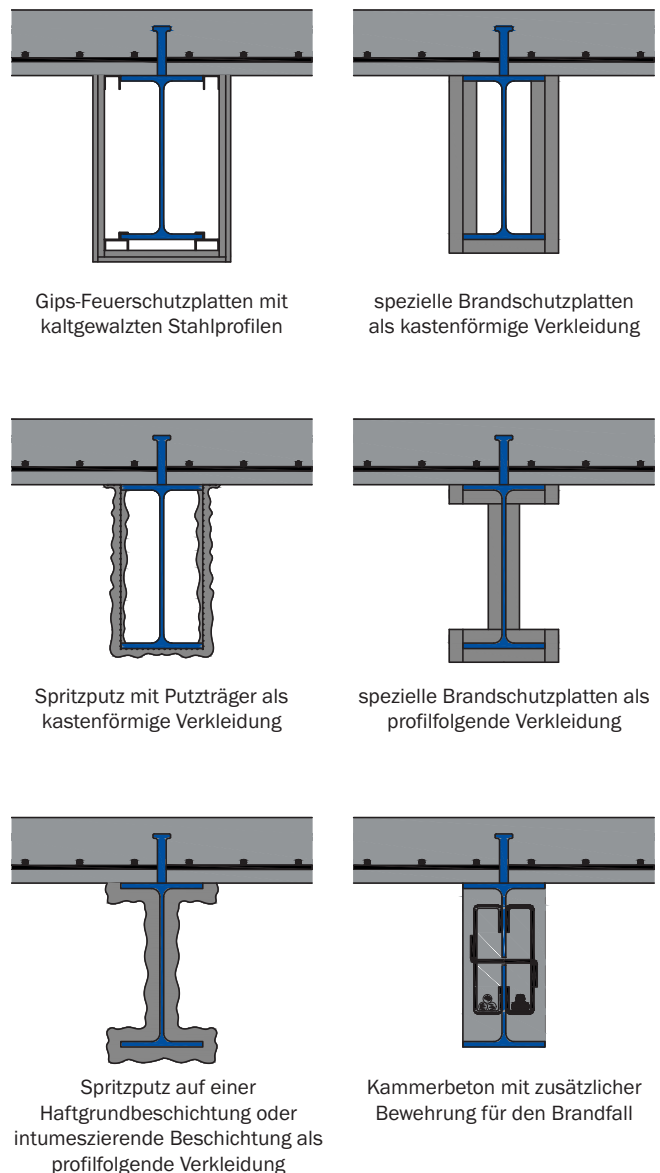


Abb. 4.15: Brandschutzmaßnahmen für Stahl- und Verbundkonstruktionen am Beispiel eines IPE-Deckenträgers mit dreiseitiger Brandbeanspruchung



Abb. 4.16: Montage kammerbetonierter Verbundstützen und -träger für das Labor- und Lagergebäude I14 | Biotest Pharma GmbH | Dreieich

Foto: verbundhochdrei GmbH



Abb. 4.17: Kastenförmige Verkleidung eines Stahldeckenträgers mit Gips-Feuerschutzplatteng

Foto: Knauf Gips KG, S. Lustenberger

können hingegen häufig direkt an die Stahlprofilen ge-
klebt oder mittels spezieller Klemmsysteme befestigt
werden. Die Montagezeit und Kosten werden somit ge-
genüber Gips-Feuerschutzplatten reduziert. Gipsputze
werden i. d. R. nicht direkt auf die Stahlprofile, sondern
auf einen umhüllenden Putzträger appliziert. Spezielle
Spritzputze werden mit Leichtzuschlägen, wie Vermiculit
oder Perlit, hergestellt. Als Bindemittel dient Zement.
Die Putze bieten den Vorteil einer direkten, profilfolgen-
den Applikation. Statt eines Putzträgers muss dafür
eine Haftgrundbeschichtung auf die Stahlprofile aufge-
bracht werden. Die Verträglichkeit mit dem applizierten
Korrosionsschutzsystem ist im Vorfeld zu prüfen.

Bestehen ästhetische Anforderungen an eine Stahlkon-
struktion, werden häufig intumeszierende Anstriche ein-
gesetzt. Die im Gebrauchszustand nur wenige Millimeter
dicken Beschichtungen quillen unter Hitzeeinwirkung ex-
plosionsartig auf und bilden dadurch eine wärmeisolie-
rende, kohlenstoffhaltige Dämmschicht. Sie werden auch
als dämmschichtbildende oder reaktive Anstriche be-
zeichnet. Die Applikation erfolgt in Verbindung mit einer

Grundierung und einem Decklack. Dadurch wird ein wirk-
samer Korrosionsschutz erzielt und gleichzeitig den farb-
lichen Gestaltungswünschen des Nutzers entsprochen.

Die Auftrags- und Bekleidungsstärke der Brandschutz-
systeme richtet sich nach der geforderten Feuerwider-
standsdauer. Genauere Hinweise liefert dazu der For-
schungsbericht P1118 [4-2].

4.4.2 Ökobilanzdaten und Kostenansätze

EPDs zur ökologischen Bilanzierung von Brandschutz-
systemen für Stahlkonstruktionen liegen aktuell nur für
wenige am Markt verfügbare Produkte vor. Für Gips-
Feuerschutzplatten und Gipsputz werden durch den
Bundesverband der Gipsindustrie e. V. verbandsspezi-
fische EPDs zur Verfügung gestellt. Zur Bilanzierung von
Steinwolle- und zementgebundenen Brandschutzplatten
sowie dämmschichtbildenden Anstrichen werden herstel-
lerspezifische EPDs verwendet. Besonders bei zement-
gebundenen Brandschutzplatten ist zu berücksichtigen,

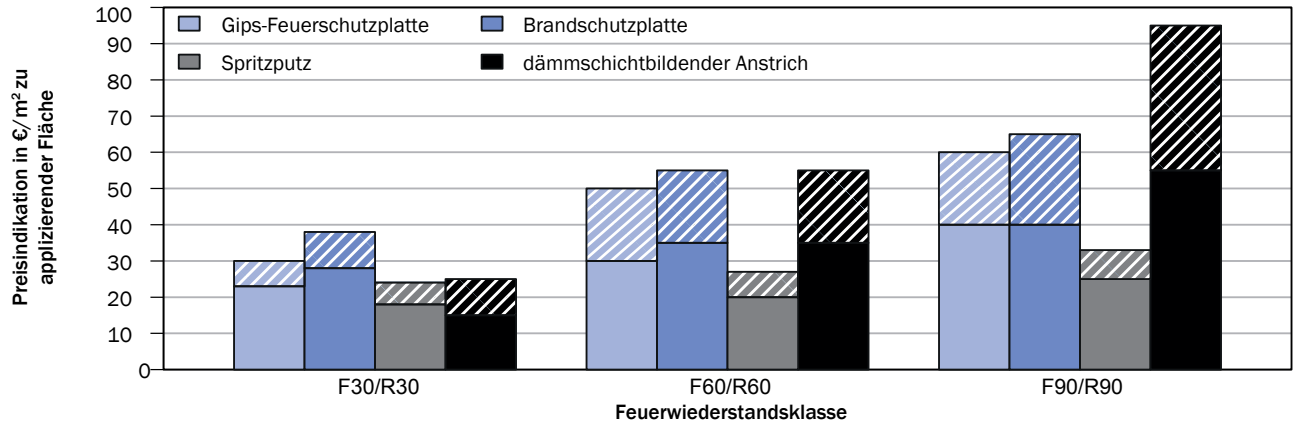


Abb. 4.18: Kosten für Brandschutzmaßnahmen [4-25]

dass die Ökobilanzindikatoren stark von der herstellerspezifischen Zusammensetzung beeinflusst werden. Eine generelle Anwendung der vorliegenden EPD auf Produkte anderer Hersteller kann daher nicht empfohlen werden. Für spezielle Brandschutzputze auf Zementbasis sind aktuell weder spezifische noch generische Ökobilanzdaten verfügbar. Anhand der Angaben zu bautechnischen Daten und Grundstoffen der Brandschutzputze wurde für die nachfolgenden Untersuchungen eine verbandsspezifische EPD für mineralische Werkmörtel ausgewählt.

Das GWP und der PE_{ges} der Brandschutzprodukte sind für 1 kg des jeweiligen Bauproduktes in Tab. 4.5 aufgeführt. Die verfügbaren EPDs erfassen ausschließlich die ökologischen Auswirkungen der Brandschutzprodukte, nicht aber die der notwendigen Hilfsmaterialien. So werden bei Gips-Feuerschutzplatten und Gipsputz-Unterkonstruktionen verzinkte kaltgewalzte Stahlprofile oder Putzträgermatten benötigt. Ebenso ist bei Spritzputzen auf Zementbasis eine Grundierung der Stahlprofile erforderlich. Diese Hilfsmaterialien können die Ökobilanzierung

der Brandschutzsysteme signifikant beeinflussen und sind daher zu berücksichtigen. Eine Übersicht zu den Hilfsprodukten, dem jeweiligen Treibhauspotential und Primärenergiebedarf enthält Tab. 4.6. Die ökologische Bilanzierung kammerbetonierter Profile kann anhand des Baustoffbedarfs und der EPDs für Profilstahl, Betonstahl und Beton erfolgen (vgl. Abschnitt 2.4)

Die Kostenkalkulation der Brandschutzsysteme ist weitaus herstellerspezifischer als bei konstruktiven Bauprodukten und Prozessen. Der Material- und Montageaufwand unterscheidet sich nicht nur deutlich zwischen den Produkten. Ebenso wirken sich die erforderliche Feuerwiderstandsklasse und der Gebäudestandort aus. Zur Kalkulation der Einzelkosten von Teilleistungen stehen keine Daten zur Verfügung. Allgemeine Kalkulationsansätze werden jedoch regelmäßig durch bauforumstahl e. V. veröffentlicht [4-26]. Die Preisindikationen sind in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsdauer für verschiedene Brandschutzmaßnahmen in Abb. 4.18 zusammengefasst. Dabei sind die Differenzen zwischen den Kleinst- und Höchstwerten durch die schraffierten Bereiche gekennzeichnet.

Material	ökologische Indikatoren		Quelle
	GWP [kg CO ₂ -Äqv./kg]	PE_{ges} [MJ/kg]	
Gips-Feuerschutzplatte	0,21	3,41	[4.30]
zementgebundene Brandschutzplatte	0,56	6,57	[4.31]
Steinwoll-Brandschutzpl.	1,05	13,81	[4.32]
Gipsputz	0,14	2,33	[4.33]
Zement-Spritzputz	0,42	3,86	[4.34]
dämmschichtbildender Anstrich	2,51	54,97	[4.35]

Tab. 4.5: Ökologische Indikatoren von Brandschutzprodukten für Stahlkonstruktionen je kg

Material	ökologische Indikatoren		Quelle
	GWP [kg CO ₂ -Äqv./kg]	PE_{ges} [MJ/kg]	
Stahlfeinblech verzinkt	0,79	14,2	[4.36]
Aluminiumblech	2,26	39,4	[4.36]
Haftvermittler	2,40	52,1	[4.37]
Zement	692	4260	[4.38]

Tab. 4.6: Ökologische Indikatoren von Hilfsbaustoffen für Brandschutzprodukte je kg

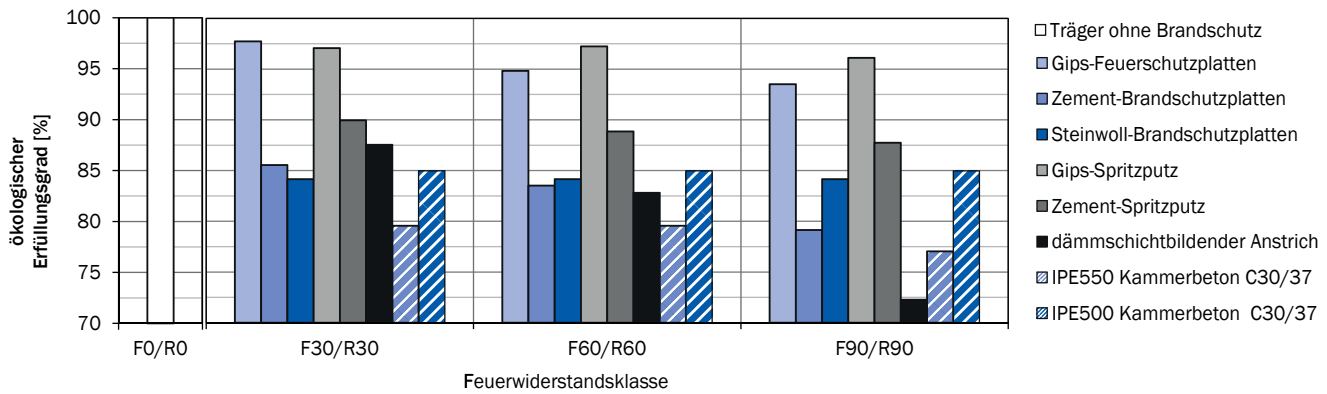


Abb. 4.19: Einfluss der Brandschutzmaßnahmen auf den ökologischen Erfüllungsgrad eines Deckenträgers IPE550

4.4.3 Fallbeispiel zur ökologischen Bewertung von Brandschutzsystemen

Der ökologische Einfluss von Brandschutzsystemen für Stahl- und Verbundkonstruktionen wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Dazu zählen:

- Art des Tragwerkelementes (Träger oder Stütze),
- erforderliche Feuerwiderstandsdauer,
- Profiltyp,
- Art der Beflammung (1-seitig, 2-seitig, 3-seitig oder 4-seitig),
- Form der Verkleidung (profilfolgend oder kastenförmig),
- der daraus resultierende Profilmassfaktor und die
- erforderliche Bekleidungsstärke.

Eine allgemeingültige Aussage für verschiedene Tragwerke und Rahmenbedingungen kann daher nicht getroffen werden. Die Untersuchungen müssen daher für die spezifische Verhältnisse individuell erfolgen.

Nachfolgend wird der Einfluss der Brandschutzsysteme am Beispiel eines 3-seitig beflammt Verbunddecken-trägers IPE550 mit Stahlbetondecke untersucht. Die ökologischen Auswirkungen werden für die Feuerwiderstandsklassen F30, F60 und F90 (bzw. R30, R60, R90) ermittelt. Berücksichtigt werden die kastenförmige Verkleidung mit Gips-Feuerschutzplatten, speziellen Brandschutzplatten und Gipsputz, die profilfolgende Verkleidung mit Zementspritzputz, der dämmschichtbildende Anstrich und die Ausführung als Träger mit Kammerbeton.

Verkleidung	Farb-codierung	Brandschutzmaßnahmen	Bekleidungsstärken oder Materialbedarf in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse		
			F30/R30	F60/R60	F90/R90
kasten-förmig		Gips-Feuerschutzplatten	12,5 mm	22 mm	30 mm
		Zement-Brandschutzplatte	10 mm	15 mm	25 mm
		Steinwoll-Brandschutzplatte	25 mm	25 mm	25 mm
profil-folgend		Spritzputz Gips	15 mm	15 mm	25 mm
		Spritzputz Zement	10 mm	15 mm	20 mm
-		dämmschichtbildender Anstrich	0,51 kg/m	1,50 kg/m	3,70 kg/m
		IPE550 mit Kammerbeton			
		IPE500 mit Kammerbeton			

Tab. 4.7: Übersicht zu den untersuchten Brandschutzsystemen mit Bekleidungsstärken und Materialbedarf in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse

Durch den Einsatz von Kammerbeton wird nicht nur die Tragfähigkeit des Querschnitts im Brandfall, sondern auch bei der Kaltbemessung erhöht. In einigen Fällen kann dadurch eine Reduzierung des Trägerquerschnittes erzielt werden. Dies ist jedoch abhängig von der Spannweite, der gewählten Stahl- und Betongüte sowie dem Bewehrungsgrad des Kammerbetons. Nachfolgend werden Varianten der kammerbetonierten Träger IPE550 und IPE500 berücksichtigt. Der Bewehrungsgrad des Kammerbetons aus C30/37 wird gemäß Bemessungstabelle DIN EN 1994-1-2 für einen Lastausnutzungsfaktor von $\eta_{fi,t} \leq 0,5$ ermittelt.

Auf Basis der vorliegenden Ökobilanzdaten erfolgte die Untersuchung der in Tab. 4.7 aufgeführten Brandschutzmaßnahmen. Die erforderlichen Bekleidungsstärken und Materialaufwendungen sind abhängig von der Feuerwiderstandsklasse zusammengefasst. Ausführliche Informationen zu den berücksichtigten Materialmengen und zur Bilanzierung enthält der Forschungsbericht P1118.

Die ökologische Bewertung von Brandschutzmaßnahmen kann nicht anhand einzelner Indikatoren erfolgen. Daher wird der ökologische Erfüllungsgrad der Systeme nach dem in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Verfahren bestimmt. Berücksichtigt wurden die ökologischen Auswirkungen des Stahlträgers und der Brandschutzmaßnahmen pro Meter Trägerlänge. Die Deckenplatte blieb unberücksichtigt. Abb. 4.19 zeigt den Vergleich der ökologischen Erfüllungsgrade. Der Bezugswert von 100 % wurde für den Träger IPE550 ohne Brandschutzmaßnahmen festgelegt. Abhängig von der Feuerwiderstandsklasse liegt der Einfluss der Brandschutzmaßnahmen zwischen 2,3 und 27,7 %. Die Untersuchung zeigt, dass Gips-Feuerschutzplatten und Gipsputz den geringsten Einfluss auf den ökologischen Erfüllungsgrad haben. Die Ausführung von Kammerbeton und der Einsatz spezieller Brandschutzplatten führen zu einer deutlich größeren Ab-

minderung des Erfüllungsgrades. Beim Dämmschichtbildenden Anstrich steigt der ökologische Einfluss mit zunehmender Feuerwiderstandsdauer. Die erforderliche Schichtdicke steigt überproportional an.

4.4.4 Funktionalität und Lebensdauer

Die Wahl des Brandschutzsystems beeinflusst neben der ökologischen und ökonomischen Qualität des Gebäudes auch die Funktionalität durch Wartungs- und Erneuerungszyklen sowie durch Einschränkung für die TGA. Die Verkleidung von Profilen ermöglicht es, eine Anpassung der TGA im Lebenszyklus vorzunehmen. Dazu können in Bereichen mit geringer Beanspruchung auch nachträglich Öffnungen in den Profilstegen hergestellt werden. Bei der Montage bietet die profilfolgende Verkleidung Vorteile gegenüber einer kastenförmigen. Letztere führt jedoch zu einem höheren Materialverbrauch.

Bei kammerbetonierten Profilen können Stegöffnungen mit geringem Aufwand im Fertigungsprozess vorgesehen werden. Eine spätere Herstellung ist aus statischer und konstruktiver Sicht meist ausgeschlossen oder nur mit hohen Aufwendungen möglich. Daher ist es umso wichtiger, Platzreserven zur Durchführung der TGA vorzuhalten. Der Brandschutz durch kammerbetonierte Profile bietet den Vorteil, dass keine Erneuerung im Gebäudelebenszyklus erfolgen muss. Platten, Putze und Anstriche müssen hingegen meist ein- oder mehrfach erneuert werden. Die Nutzungsdauer der Materialien, vor allem dämmschichtbildender Anstriche, wird derzeit kontrovers diskutiert.

In Tab. 4.8 sind die Mindestnutzungsdauern nach den gewählten EPDs und produktspezifischen Zulassungen aufgeführt. Nach den Angaben der EPDs kann bei der ökologischen Bilanzierung von Steinwolle-Brandschutzplatten

Brandschutzmaßnahme	Mindest-Referenz-nutzungsdauer gemäß EPD		Mindestnutzungsdauer gemäß Zulassung (nicht garantiert)	
	Jahre	Quelle	Jahre	Quelle
Gips-Feuerschutzplatten	50	[4.30]	-	-
Zement-Brandschutzplatten	25	[4.31]	25	[4.56]
Steinwolle-Brandschutzplatten	∞	[4.32]	keine Beschränkung, sofern ordnungsgemäßer Zustand sichergestellt	[4.57]
Spritzputz Gips	50	[4.33]	-	-
Spritzputz Zement	50	[4.34]	Haftfestigkeitsprüfung an gealterten Probekörpern	[4.58 - 4.60]
dämmschichtbildender Anstrich	25	[4.35]	10	[4.55] [4.61]

Tab. 4.8: Nutzungsdauer von Brandschutzmaßnahmen nach den Angaben der jeweiligen Umweltproduktdeklarationen und technischen Zulassungen

eine unbegrenzte Nutzungsdauer angenommen werden. Gipsprodukte und Zement-Spritzputze sind über einen Zeitraum von 50 Jahren zu bilanzieren, Zement-Brandschutzplatten und dämmschichtbildende Anstriche über 25 Jahre. Die von vielen Herstellern für dämmschichtbildende Anstriche angegebene Nutzungsdauer von 25 Jahren wird jedoch aktuell nicht durch die Verwendbarkeitsnachweise (z. B. Europäisch Technische Bewertung) abgedeckt. Danach ist, selbst bei angemessener Verwendung, eine Nutzungsdauer von 10 Jahren anzunehmen [4-55]. Durch die Vorlage ausreichend dokumentierter Versuche des jeweiligen Herstellers bei der Zulassungsstelle kann eine Verlängerung der Nutzungsdauer beantragt werden. Weitere Informationen zur Nutzungsdauer dämmschichtbildender Anstriche sind u. a. bei Geburtig [4-27] und Thewes [4-28] nachzulesen.

4.4.5 Brand in Hohlräumen

Bei Deckenträgern im Bereich abgehängter Brandschutzdecken sind keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen erforderlich, wenn die Anforderungen der DIN 4102-4 [4-53] und DIN 4102-2 [4-62] eingehalten werden. Danach sollten die Brandlasten durch Kabelisolierungen und andere Stoffe im Hohlraum gleichmäßig verteilt sein und einen Heizwert von 7 kWh/m² nicht überschreiten. Ebenso muss sichergestellt werden, dass die abgehängte Deckenkonstruktion nicht belastet wird. Dies gilt auch für den Brandfall. Ausgenommen sind geringfügige Belastungen bis 5 N/m², beispielsweise durch Rauchmelder.

Bei Deckensystemen können die Stahlträger im Bereich von Systemböden angeordnet sein (z. B. Topfloor Integral in Negativlage). Die Brandeinwirkung von unten auf den Stahlträger wird durch die Stahlbetondeckenplatte verhindert. Von oben ist der Stahlträger durch einen ge-

eigneten Deckenaufbau zu schützen. Die Brandschutzanforderungen innerhalb von Systemböden werden durch [4-63] und [4-64] geregelt. Danach müssen alle Bestandteile von Systemböden aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Es wird nach [4-64] in Hohl- und Doppelböden unterschieden. Hohlböden haben eine fugenlos vergossene Tragschicht und weisen eine lichte Hohlraumhöhe bis 200 mm auf. Gefordert wird eine Mindestestrichdicke von 30 mm. Revisionsöffnungen müssen dichtschließend und aus nichtbrennbarem Material sein. An die Tragkonstruktionen im Hohlraum werden keine weiteren Anforderungen gestellt.

Bestehen Systemböden aus Tragplatten und Ständern oder weisen sie eine lichte Hohlraumhöhe über 200 mm auf, so gelten sie als Doppelböden. Bestandteile von Doppelböden müssen bis zu einer lichten Hohlraumhöhe von 200 mm keinen Feuerwiderstand aufweisen. Wird dieses Maß überschritten, sind tragende und raumabschließende Teile feuerhemmend (F30/R30) auszulegen. Für ungeschützte Träger von Deckensystemen ist daher ab einer lichten Hohlraumhöhe von 200 mm nachzuweisen, dass eine Brandeinwirkung von 30 min die Tragfähigkeit nicht beeinflusst. Kann dies nicht sichergestellt werden, müssen nach derzeitigem Stand der technischen Regeln Brandschutzmaßnahmen getroffen werden.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts AIF-FOSTA P1139 „Temperaturentwicklung in Hohlräumen abgehängter Decken sowie in Hohl- und Doppelböden und deren Auswirkungen auf das Tragverhalten innenliegender Stahlkonstruktionen“ zeigten, dass aufgrund eingeschränkter Ventilationsbedingungen häufig keine Gefahr der Brandausbreitung in Deckenhohlräumen besteht. Für Stahlkonstruktionen ist kein zusätzlicher Brandschutz erforderlich, wenn direkte Brandeinwirkungen von unten und von oben durch konstruktive Maßnahmen verhindert werden.

4.5 Fassade

4.5.1 Allgemeines

Moderne Gebäude bestechen durch ihr Design mit innovativen Fassadenlösungen. Dabei geht der Trend weg von herkömmlichen Lochfassaden hin zu Band- und Elementfassaden mit einem geringen Anteil opaker Flächen bis zu Ganzglasfassaden (Abb. 4.20). Die Wahl der Fassade

hat einen hohen Einfluss auf die ökologische und ökonomische Bilanz von Gebäuden. Der größte Anteil der Aufwendungen entsteht in der Nutzungsphase infolge des durch Transmissions- und Lüftungswärmeverluste verursachten Energiebedarfs. Aufgrund der gestiegenen energetischen Anforderungen hat sich der Anteil dieser ökologischen und monetären Aufwendungen jedoch stark verringert. Die Herstellungs-, Rückbau- und Verwertungsphase gewinnt zunehmend an Bedeutung.

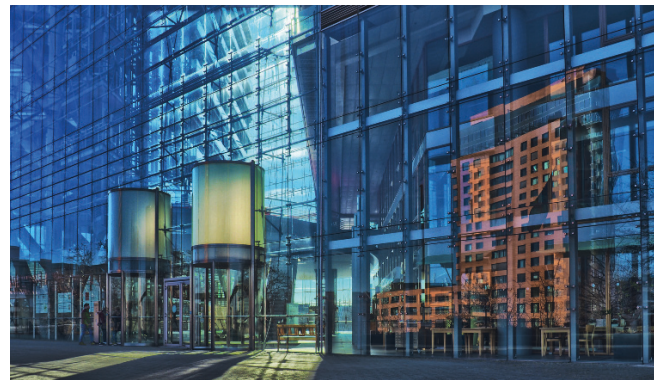
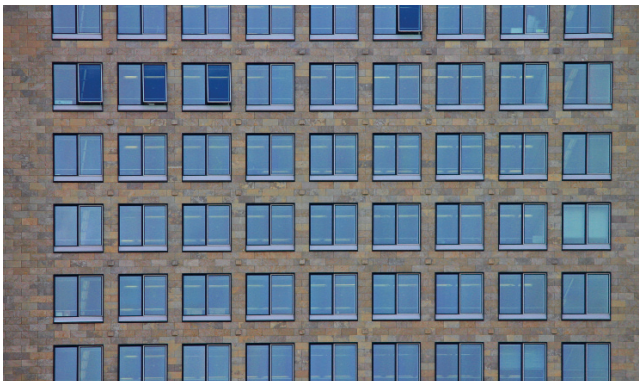


Abb. 4.20: Ansichten von Fassadensystemen (von oben links nach unten rechts), Lochfassade, Bandfassade, Elementfassade und Ganzglasfassade

Weiterhin wird die Umnutzungsfähigkeit eines Gebäudes durch die Fassadenkonstruktion beeinflusst. Die Nutzerakzeptanz ist von bestimmten Eigenschaften der Fassade abhängig. So ist beispielsweise davon auszugehen, dass eine Wohnung im ersten Obergeschoss eines Gebäudes mit hochwertiger Vollverglasung im dichtbebauten innerstädtischen Bereich auf ein geringes Interesse stößt. Eine Wohnung im letzten Obergeschoss des gleichen Gebäudes, mit einem Ausblick über die gesamte Stadt, kann unter Umständen gerade aufgrund der Vollverglasung deutlich über dem durchschnittlichen Marktpreis veräußert werden. Ebenso wie die Primärstruktur eines Gebäudes sollte auch das Fassadensystem die Anforderungen verschiedener Nutzungsarten erfüllen oder eine Anpassung ermöglichen. Vorteile bieten hierbei die Elementfassaden mit austauschbaren opaken und transparenten Elemente. Die Gebäudenutzung wird dadurch nur kurzzeitig und geringfügig eingeschränkt.

4.5.2 Ökobilanzierung von Fassadensystemen

Die Zahl der verfügbaren Datensätze zur ökologischen Bilanzierung von den Bestandteilen der Fassade ist in den vergangenen Jahren stark gestiegen. Aktuelle generische, verbands- und herstellerepezifische Datensätze werden durch Datenbanken, wie die ÖkobaDat, den DGNB-Navigator oder Fassadenhersteller zur Verfügung gestellt.

In Tab. 4.9 sind das GWP und der PE_{ges} ausgewählter Datensätze für Pfosten-Riegel-Fassaden aus Aluminium- oder Stahl- und Edelstahlrahmen mit Dreifachverglasung zusammengefasst. Die generischen Datensätze der ÖKOBAUDAT [4-36] für Fassadensysteme enthalten lediglich Angaben zur Herstellungsphase. Die Aufwendungen für Transporte wurden daher anhand der Massen der Systeme kalkuliert. Für die Transportentfernungen wur-

den die Angaben der herstellerepezifischen EPD für Stahl- und Edelstahlfassaden [4-39] übernommen. Nach den Angaben in [4-40] wird eine deutlich kürzere Transportentfernung angenommen. Die Bilanzierung der Rückbau- sowie der Abfallbehandlungs- und Beseitigungsphase kann aufgrund fehlender Angaben zur stofflichen Zusammensetzung für die generischen Datensätze nicht erfolgen. Die Gutschriften durch die Rückgewinnung wurden anhand der abgeschätzten Massen der enthaltenen Metalle mit End-of-Life-Prozessen kalkuliert. Für das Glas wird bisher kein End-of-Life-Datensatz durch die ÖKOBAUDAT zur Verfügung gestellt. Daher wurden herstellerepezifische Ökobilanzdaten für Mehrscheibenisolierverglasungen [4-41] verwendet.

Vollständige Datensätze für Fassaden stehen lediglich für vollverglaste Pfosten-Riegel-Fassadensysteme zur Verfügung. Die ökologischen Auswirkungen von Band- und Lochfassaden müssen anhand ihres spezifischen Aufbaus individuell kalkuliert werden. Aus den in Abschnitt 3.6.3 vorgestellten Systemen wurden zwei typische Fassadenkonstruktionen ausgewählt und mit generischen und herstellerepezifischen Daten bilanziert. Eine Zusammenfassung des GWP und PE_{ges} der einzelnen Fassadenkomponenten sowie der errechneten Gesamtaufwendungen enthält Tab. 4.10. Für die Lochfassade wird der Flächenanteil der Fenster mit 30 % angenommen, für die Bandfassaden mit 50 %.

Die berechneten ökologischen Auswirkungen der Bandfassade sind mit denen der Pfosten-Riegel-Systeme vergleichbar. Wie Tab. 4.10 zeigt, ist dies vor allem auf die Verwendung von Flügeln mit Aluminiumverbundprofilen und eine Außenverkleidungen mit Aluminiumelementen zurückzuführen. Die Lochfassade verursacht im Vergleich die geringsten ökologischen Belastungen. Dabei wirken sich vor allem der geringe Fensteranteil und der einfa-

System	Phase	GWP [kg CO ₂ - Äqv./m ²]	PE _{ges} [MJ/m ²]	Quelle
Aluminiumrahmen mit Dreifachverglasung Masse = 36,7 kg/m ² Hin- und Rücktransport siehe ¹⁾ Recycling: Annahme von 5,1 kg Aluminium und 0,85 m ² Verglasung pro m ² Fassadenfläche	A1 - A3	125	2020	[4.36]
	A4	1,62	23,4	
	C2	0,47	6,78	
	D	-55,0	-957	
Aluminiumrahmen mit Dreifachverglasung Masse = 41,5 kg/m ² Transport: 10 km mit LKW 12 t Recycling: 39,5 kg, Deponierung: 0,44 kg, thermische Verwertung: 1,51 kg	A1 - A3	115	1817	[4.40]
	A4	3,15E-02	0,46	
	C4	3,96	2,92	
Stahlrahmen mit Dreifachverglasung Masse = 41,6 kg/m ² Hin- und Rücktransport siehe ¹⁾ Recycling: Annahme von 7,8 kg Stahl, 1,3 kg Edelstahl, 1,2 kg Aluminium und 0,85 m ² Verglasung pro m ² Fassadenfläche	A1 - A3	98,8	1407	[4.36]
	A4	1,83	26,6	
	C2	0,53	7,69	
	D	-28,5	-435	
Stahlrahmen mit Dreifachverglasung Masse = 46,7 kg/m ² Hin- und Rücktransport siehe ¹⁾ Nutzungsphase siehe ¹⁾ Recycling: Stahl 100%, Aluminium 98%, Glas 95%, thermische Verwertung weiterer Rohstoffe	A1 - A3	116	2068	[4.39] ³⁾
	A4	3,39	52,2	
	B1	600	10904	
	B2	0,26	14,1	
	B3	46,9	817	
	C2, C3	1,80	35,4	
	D	-47,9	-806	

1) A4: 150 km mit LKW 40 t und 100 % Auslastung + 50 km mit LKW 7,5 t, 20 % Auslastung und leerer Rückfahrt

C2: 150 km mit LKW 40 t und 100 % Auslastung + 50 km mit LKW 7,5 t, 100 % Auslastung

2) B1: Wärmedurchgangskoeffizient des Gesamtsystems: $U_{cw} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Gesamtenergie-Durchlassgrad: $g = 0,6 \%$; Lichttransmissionsgrad: $T_v = 0,7 \%$

B2: jährliche Funktionsprüfung, Sichtprüfung und Wartung (normale Beanspruchung)

B3: Einmaliger Austausch von Beschlägen, Dichtungen, Glas, Glasdichtungen

3) Gültigkeit seit 01. Nov. 2017 abgelaufen. Bisher keine Revision.

Tab. 4.9: Ökologische Indikatoren von Pfosten-Riegel-Fassadensystemen aus Aluminium- und Stahlrahmen mit Dreifachverglasung

Fassadenbestandteile	Phase	GWP [kg CO ₂ - Äqv./m ²]	PE _{ges} [MJ/m ²]	Quelle
Lochfassade				
Außenputz (Kalk-Gips-Putz), Dicke= 10mm	A1-A3	1,8	1235	[4.36]
EPS-Hartschaumdämmung, Dicke= 260 mm	A1-A3	13,7	387	
Ziegel-Mauerwerk, Dicke = 175 mm	A1-A3	13,9	139	
Innenputz, Dicke = 15 mm	A1-A3	5,74	13,2	
Fenster mit Aluminiumverbundprofil und Dreifachverglasung	A1-A3 D	148 -50,9	1452 -942	[4.42]
Gesamtsystem mit 30 % Fensteranteil und 70% Wandanteil	A1-A3 D	68,9 -15,3	1009 -282	

Fassadenbestandteile	Phase	GWP [kg CO ₂ - Äqv./m ²]	PE _{ges} [MJ/m ²]	Quelle
Bandfassade				
Aluminiumelemente, vorgehängt, hinterlüftet	A1-A3 D	28,0 -20,7	579 -383	[4.43]
Wandabdichtung	A1-A3	3,37	121	[4.36]
Metallprofile, kaltgewalzt, verzinkt, Masse = 10,5	A1-A3	22,7	270	
Mineralwolldämmung, Dicke = 260 mm	A1-A3	18,9	242	
Gipskartonplatte, Dicke = 12,5 mm	A1-A3	5,13	56,2	
Dampfbremse	A1-A3	0,865	15,6	[4.42]
Gipskartonplatte, Dicke = 12,5 mm	A1-A3	5,13	56,2	
Fenster mit Aluminiumverbundprofil und Dreifachverglasung	A1-A3 D	148 -50,9	1452 -942	
Gesamtsystem mit 50% Fensteranteil und 50% Wandanteil	A1-A3 D	116 -35,8	1867 -662	

Tab. 4.10: Ökologische Indikatoren von Loch- und Bandfassaden

che Wandaufbau positiv auf das Ergebnis aus. Der massive Wandaufbau mit seinem hohen Konstruktionsgewicht führt jedoch zu zusätzlichen Aufwendungen beim Primärtragwerk. Die verhältnismäßig dünnen Deckenplatten können die Randlasten nicht ohne zusätzliche Maßnahmen aufnehmen. Es müssen Randträger angeordnet und ausreichend dimensioniert werden. Daraus resultierende ökologische Belastungen, die den Einsparungen bei dem Fassadensystem gegenüberzustellen sind.

4.5.3 Lebensdauer von Fassadensystemen

Zur Lebensdauer von Fassadensystemen gibt es von den Herstellern und in einschlägigen Fachliteratur unterschiedliche, z.T. widersprüchliche Angaben. Die in Tab. 4.9 aufgeführten herstellereigenen EPDs weisen für die Pfosten-Riegel-Systeme eine Referenznutzungsdauer von 50 Jahren aus. Diese Angabe bezieht sich auf die technische Lebensdauer der Fassade. Nach Angaben verschiedener Fassadenhersteller, erreichten in den vergangenen Jahrzehnten jedoch nur wenige Fassadensysteme ihre volle technische Lebensdauer. Häufig erfolgte aufgrund der gestiegenen bauphysikalischen, gestalterischen und funktionalen Anforderungen ein vorzeitiger Austausch.

Für generischen Datensätze der ÖKOBAUDAT ist die Lebensdauer anhand der Tabellen des BBSR [4-29] zu ermitteln. Diese enthalten Angaben für Fassadenelemente, jedoch nicht für vollständige Fassadensysteme. Die Lebensdauer tragender Fassadenelemente, Fensterrahmen und Beschläge beträgt nach den Angaben aus [4-29] mindestens 50 Jahre. Für die Verglasungen ist nach 30 Jahren ein Austausch zu berücksichtigen, für die Dichtungsprofile bereits nach 20 Jahren. Weitere Informationen zur Lebensdauer von Fassaden enthält u. a.

der BKI [4-4]. Danach kann für die Grundkonstruktion von Pfosten-Riegel-Fassaden eine mittlere Lebensdauer von 36 Jahre angenommen werden.

Im Unterschied zu den Rohbaukonstruktionen sind bei Fassadensystemen auch ökologische und monetäre Aufwendungen in der Nutzungsphase zu erwarten. Diese entstehen durch die Wartung, Reparatur und den Austausch von einzelnen Komponenten. Wie in Abschnitt 2.6 beschrieben, wirken sich dabei u. a. die Instandhaltungszyklen und klimatischen Einflüsse stark auf die Aufwendungen im Lebenszyklus aus. Während in den ersten Jahren der Nutzung nur mit geringen Aufwendungen zu rechnen ist, werden sich diese mit zunehmender Lebensdauer deutlich erhöhen. Diese Umstände führen dazu, dass die Aufwendungen in der Nutzungsphase nur schwer erfasst werden können. Im Forschungsvorhaben P1118 wurde daher ein vereinfachter Ansatz getroffen, der eine lineare Steigerung der Aufwendungen mit zunehmender Lebensdauer ermöglicht. Ausgehend von einer mittleren Lebensdauer bei Pfosten-Riegel-Systemen von 36 Jahren wird pro Lebenszyklusjahr $1/36$ der Lebenszyklusphasen A1–A3, C1–C4 und D zusätzlich bilanziert.

4.6 Gründung

4.6.1 Baugrund und Gründungsarten

Die Art der Gründung und deren Dimensionierung wird maßgebend von den Baugrundverhältnissen bestimmt. Aufgrund der Vielzahl von Einflüssen kann keine allgemeingültige Abhängigkeit zwischen der Tragstruktur eines Gebäudes und der Gebäudegründung hergestellt werden.

Im Forschungsprojekt P1118 [4-2] erfolgte die Untersuchung des Einflusses der Gründung für zwei spezifische Baugrundsituationen. Durch die Berücksichtigung eines gut tragfähigen sowie eines gering tragfähigen Baugrundes werden vergleichsweise geringe und hohe Aufwendungen für die Gründung erfasst. Diese Vorgehensweise gibt Aufschluss darüber, in welcher Bandbreite der Einfluss der Gründung bei einem Geschossbau unterhalb der Hochhausgrenze liegen kann. In gewissem Maße kann auch eine Einschätzung für Baugrundverhältnisse erfolgen, die innerhalb dieser Bandbreite liegen. Tab. 4.11 zeigt eine Übersicht der untersuchten Baugrundsituationen und Gründungsformen.

4.6.2 Einfluss der Gebäudelast auf die Aufwendungen für die Gründung

Die Dimensionen der Gründungskörper sind unter gegebenen Baugrundverhältnissen abhängig von der Höhe der abzutragenden Lasten. Abb. 4.23 stellt die Abhängigkeit zwischen der charakteristischen Gründungslast und dem Volumen der Gründungskörper für die zuvor beschriebenen Gründungsarten und Baugrundverhältnisse dar. Erwartungsgemäß ist das Volumen bei einer Flachgründung deutlich geringer als bei einer Pfahlgründung. Dennoch zeigt sich bei allen Gründungsarten ein nahezu linearer, teilweise überproportionaler Anstieg des Volumens der Gründungskörper mit zunehmender Belastung. Abb. 4.24 zeigt den daraus abgeleiteten Primärenergiebedarf und die prozentualen Realisierungskosten der Gründungen. Im Primärenergiebedarf sind ausschließlich die Aufwendungen für die Baustoffe Beton C 30/37 und Betonstahl berücksichtigt. Die ökologischen Einflüsse der Bauprozesse sind nicht enthalten. Der Anstieg des Primärenergiebedarfs steht daher in einem direkten Verhältnis zum Volumen der Gründungskörper. Die Realisierungskosten wurden anhand der Kosten-

Baugrundtragfähigkeit	hoch	gering
Boden	bindiger, gemischtkörniger Boden mit fester Konsistenz	mittelplastischer Ton mit steifer Konsistenz
Gründung bei Gebäuden ohne Untergeschosse	Einzelfundamente unter der Bodenplatte bei Rand- und Innenstützen	Teilverdrängungsbohrpfähle unter der Bodenplatte bei Rand- und Innenstützen $D = 0,6 \text{ m}$, Pfahlabstand: $3 \cdot D$
Gründung bei Gebäuden mit Untergeschossen	Streifenfundamente unter der Bodenplatte im Bereich der Wände und Innenstützen	Großbohrpfähle mit Pfahlkopfplatten unter der Bodenplatte im Bereich der Wände und Innenstützen $D = 1,2 \text{ m}$, Pfahlabstand: $2 \cdot D$

Tab. 4 11: Untersuchte Baugrundsituationen und Gründungsarten



Abb. 4.21: Herstellung eines Großbohrpfahls (oben) und vorgefertigter Bewehrungskorb (unten)

Fotos: Carsten Staudenmaier, Firmengruppe Max Bögl



Abb. 4.22: Einbringen des Bewehrungskorbes zur Herstellung eines Großbohrpfahls.

Foto: Carsten Staudenmaier, Firmengruppe Max Bögl

kennwerte des BKI [4-3] ermittelt. Bei Flachgründungen und Großbohrpfählen steigen die Kosten mit zunehmendem Gründungsvolumen nur gering. Bei Teilverdrängungsbohrpfählen ergibt sich hingegen ein leicht überproportionaler Anstieg der Kosten. Dies ist auf die steigende Pfahlanzahl und die Vergrößerung der Pfahlkopfplatte zurückzuführen.

Die Untersuchungen zeigen, dass bereits eine geringe Reduzierung der Eigenlast des Tragwerkes zu einer Einsparung bei der Bauwerksgründung führt. Besonders bei geringer Baugrundtragfähigkeit besteht ein hohes Einsparungspotential durch den Einsatz leichter Stahlverbundkonstruktionen.

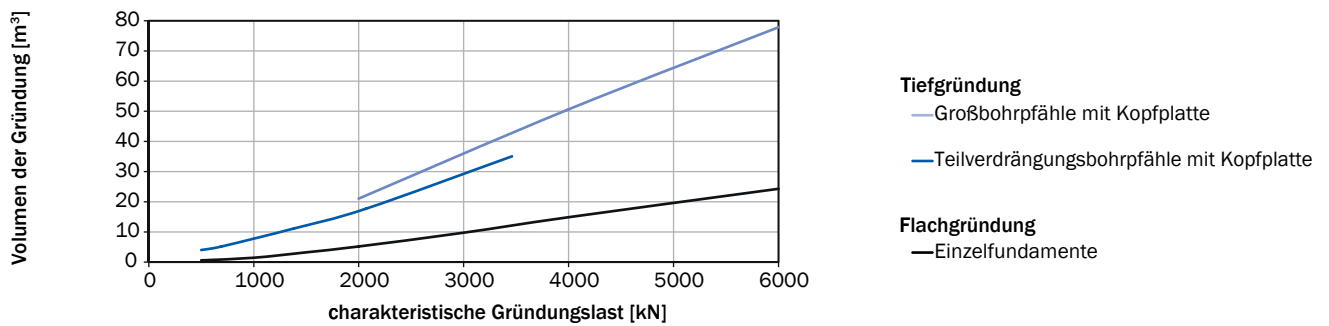


Abb. 4.23: Abhängigkeit zwischen charakteristischer Gründungslast und Gründungsvolumen für Flach- und Pfahlgründungen

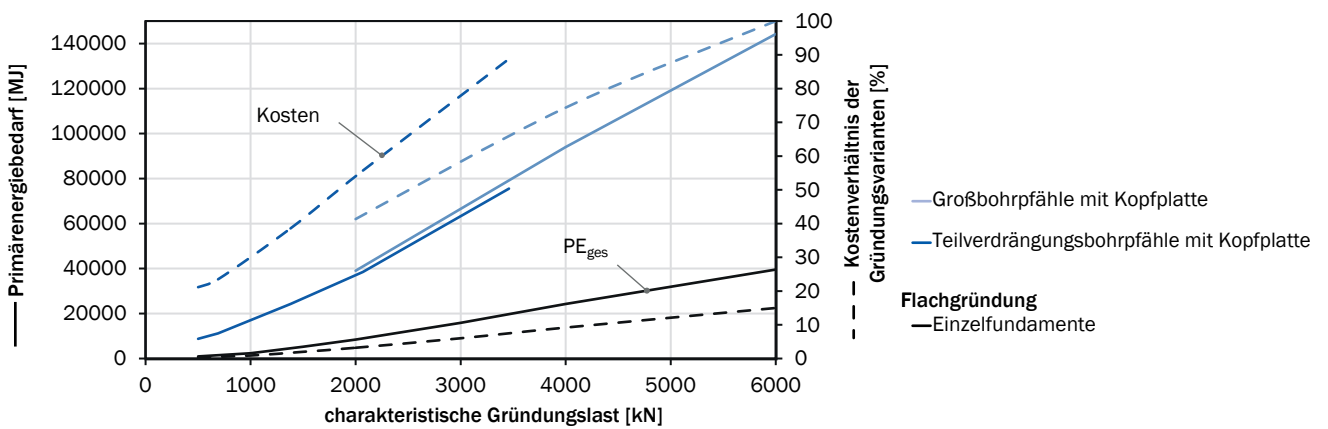


Abb. 4.24: Abhängigkeit zwischen der charakteristischer Gründungslast, dem Primärenergiebedarf und den Realisierungskosten bei Flach- und Pfahlgründungen

Literaturverzeichnis

- [4-1] Mensinger M., Stroetmann R., Eisele J., Feldmann M., Pyschny D., Lang F., Trautmann B., Zink K. J., Baudach T., Fischer K., Lingnau V., Kokot K., Möller H., Huang L., Ritter F., Podgorski C., Scheller J., Faßl T.: Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2016.
- [4-2] Stroetmann R., Eisele J., Otto J., Hüttig L., Trautmann B., Harzdorf A., Weller C.: Einflüsse der Stahl- und Verbundbauweise auf die Lebenszykluskosten und Vermarktungsfähigkeit multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2020.
- [4-3] Fretzer R., Luther J., Letsch J., Wagner A.: BKI Baukosten 2015 Neubau - Statistische Kostenkennwerte für Positionen. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2016.
- [4-4] Ritter F., Kalusche W., Kalusche J.: BKI Baukosten 2016 Neubau - Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2016.
- [4-5] Kuhlmann U. (Hrsg.): Stahlbaukalender 2018 - Verbundbau, Fertigung. 20. Jahrgang, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2018.
- [4-6] Fingerloos F.: Normen und Regelwerke. In Beton Kalender 2014, Hrsg. Bergmeister K., Fingerloos F., Wörner J.-D., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2014. S. 391–560.
- [4-7] Feldmann M., Heinemeyer C., Butz Chr., Caetano E., Cunha A., Galanti F., Goldack A., Hechler O., Hicks S., Keil A., Lukic M., Obiala R., Schlaich M., Sedlacek G., Smith A., Waarts P.: Design of floor structures for human induced vibrations: Background document in support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes: Joint Report. European Commission Joint Research Centre and European Convention for Constructional Steelworks, 2009.
- [4-8] Feldmann M., Heinemeyer C., Völling B.: Bemessungshilfe zum Nachweis von Deckenschwingungen. <http://sections.arcelormittal.com/de/bibliothek/technische-broschueren.html>, letzter Zugriff: 23. Juni. 2017.
- [4-9] Schaumann P., Mensinger M., Meyer N.: Verbundträger und Deckensysteme - brandschutztechnische Bemessung. In Stahlbau Kalender 2018, Hrsg. Kuhlmann U., 20. Jahrgang. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2018.
- [4-10] Stroetmann R., Faßl T., Hüttig L.: Nachhaltige Geschossbauten in Stahl- und Verbundbauweise. In Stahlbau Kalender 2016, Hrsg. Kuhlmann U., 18. Jahrgang. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2016. S. 571–665.
- [4-11] Eisele J., Mensinger M., Stroetmann R. (Hrsg.): Bürobauten in Stahl: Handbuch und Planungshilfe. DOM publishers, Berlin, 2016.
- [4-12] H. Wetter AG: TOPfloor Integral. <http://www.topfloorintegral.ch/dasDeckensystem.html>, letzter Zugriff: 30. Juni 2018.
- [4-13] Slimline Buildings B.V.: Slimline. <http://slimline-buildings.com>, letzter Zugriff: 30. Juni 2018
- [4-14] Friedrich T., Kornadt O., Kurz W., Schnell J.: Entwicklung eines weitgespannten Sandwichdeckensystems mit integrierter Haustechnik in Verbundbauweise. In Beton und Stahlbetonbau 109. Jahrgang, 2014. S. 678–688.
- [4-15] Hegger J., Claßen M., Feldmann M., Pyschny D., Schaumann P., Weisheim W., Bohne D., Hargus S.: Integrierte und nachhaltigkeitsorientierte Deckensysteme im Stahl- und Verbundbau. Düsseldorf, Apr. 2016.

- [4-16] Olipitz M.: Die CLC-Multifunktionsdecke. In Stahlbau 86, 2017. S. 399–407.
- [4-17] Stroetmann R., Podgorski C.: Zur Nachhaltigkeit von Stahl- und Verbundkonstruktionen bei Büro- und Verwaltungsgebäuden – Teil 1: Tragkonstruktionen. In Stahlbau 83, Apr. 2014. S. 245–256.
- [4-18] Schäfer M., Braun M., Hauf G.: Flachdecken in Verbundbauweise. In Stahlbau Kalender 2018, Hrsg. Kuhlmann U., 20. Jahrgang. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 2018.
- [4-19] Braun M., Hechler O., Obiala R., Kuhlmann U., Eggert F., Hauf G., Konrad M.: Experimentelle Untersuchungen von Slim-Floor Trägern in Verbundbauweise. In Stahlbau 83, 2014. S. 746–754.
- [4-20] Braun M.: Slim-Floor Verbundträger für große Spannweiten – CoSFB. In Bauingenieur VDI-Bau-technik Jahresausgabe 2014/2015, 2014. S. 123–127.
- [4-21] Braun M., Hechler O., Obiala R.: Untersuchungen zur Verbundwirkung von Betondübeln. In Stahlbau 83, 2014. S. 302–308.
- [4-22] Braun M.: CoSFB mit Cofraplus 220®-Decke – Bemessungsbeispiel. In Stahlbau 83, 2014. S. 18–31.
- [4-23] Mensinger M.: Persönliche Korrespondenz zur konstruktiven Ausbildung und Bemessung des TOPfloor Integral Systems. TU München, Lehrstuhl für Metallbau, Dresden, März. 2018.
- [4-24] Frangi A., Mensinger M., Fontana M.: Design of composite slab system with integrated installation floor. High Rise Towers and Tall Buildings, Munich, 2010.
- [4-25] Mensinger M., Fontana M., Frangi A.: Entwicklung eines multifunktionalen Deckensystems mit erhöhter Ressourceneffizienz. In Stahlbau 79, 2010. S. 282–297.
- [4-26] bauforumstahl e.V. (Hrsg.): Kosten im Stahlbau 2017 - Basisinformation zur Kalkulation. 2017.
- [4-27] Geburtig G.: Ausreichend (lange) geschützt? In FeuerTRUTZ Magazin 2017.
- [4-28] Thewes V.: Farben für langlebigen Brandschutz. 2016. S. 4.
- [4-29] Bundesinstitut für Bau, Stadt und Raumforschung: Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Feb. 2017.

Umweltbilanzdaten

- [4-30] Bundesverband der Gipsindustrie e.V.: Gipsplatte - Feuerschutz. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-BVG-20140076-IG1-DE, gültig bis: 19.08.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin, Aug. 2014.
- [4-31] Fermacell GmbH: AESTUVER und AESTUVER T Brandschutzplatte. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-FMC-2012111-D, gültig bis: 07.06.2017. Institut Bauen und Umwelt e.V., Düsseldorf, Juni. 2012.
- [4-32] Deutsche ROCKWOOL Mineralwoll GmbH & Co. OHG: Steinwolle-Dämmstoffe im hohen Rohdichtebereich. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-DRW-20120113-IBC2-DE, gültig bis: 17.12.2017. Institut Bauen und Umwelt e.V., Gladbeck, Dez. 2012.
- [4-33] Bundesverband der Gipsindustrie e.V.: Gipsputz. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-BVG-20140073-IG1-DE, gültig bis: 12.11.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin, Nov. 2014.
- [4-34] Industrieverband WerkMörtel e.V. (IWM): Mineralische Werkmörtel: Putzmörtel-Leichtputz. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-IWM-20130244-IBG1-DE, gültig bis: 06.02.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Duisburg, Feb. 2014.

- [4-35] Rudolf Hensel GmbH: HENSOTHERM® 410 KS, HENSOTHERM® 420 KS. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-RHG-20140057-IAA1-DE, gültig bis: 22.06.2019. IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V., Börsen, Juni. 2014.
- [4-36] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Ökobaudat - Informationsportal nachhaltiges Bauen. <http://www.oekobaudat.de/>, letzter Zugriff: 18. Mai. 2016.
- [4-37] Deutsche Bauchemie e.V. (DBC), Industrieverband Klebstoffe e.V. (IVK), Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V. (VdL): Dispersionsbasierte Grundierungen und Haftvermittler der Klasse a für Beton und Estriche. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-DIV-20140090-IBG1-DE, gültig bis: 03.04.2019. Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin, Apr. 2014.
- [4-38] Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Zement. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-VDZ-20120001-IAG1-DE, gültig bis: 15.03.2017. Institut Bauen und Umwelt e.V., Düsseldorf, März. 2012.
- [4-39] Jansen AG: EPD Stahl-/Edelstahlfassaden. Umweltproduktdeklaration, Nr.: M-EPD-SFA-000003, gültig bis: 01.11.2017. ift Rosenheim GmbH, Oberriet, Nov. 2012.
- [4-40] Schüco International KG: Schüco FWS 50 B x H: 3050 mm x 3050 mm Beispiel Fassade - FWS 50.HI. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-SÜC-20170131-IBC1-DE, gültig bis: 20.07.2022. Institut Bauen und Umwelt e.V., Bielefeld, Juli. 2017.
- [4-41] Schüco International KG: Schüco AWS 75.SI+ B x H: 1230 mm x 1480 mm EPD für Beispiel Fenster- [DK 3-fach Verglasung]. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-SÜC-20170129-IBC1-DE, gültig bis: 20.07.2022. Institut Bauen und Umwelt e.V., Bielefeld, Juli. 2017.
- [4-42] Glas Fandel GmbH & Co. KG: EPD Mehrscheibenisoliertes Glas. Umweltproduktdeklaration, Nr.: M-EPD-MIG-002002, gültig bis: 18.12.2022. ift Rosenheim GmbH, Bitburg, Dez. 2017.
- [4-43] Kalzip GmbH: Kalzip® - FC Fassadensystem aus Aluminium. Umweltproduktdeklaration, Nr.: EPD-KAL-20160283-IBC1-DE, gültig bis: 08.03.2022. Institut Bauen und Umwelt e.V., Koblenz, März. 2017.

Normen, Zulassungen und Richtlinien

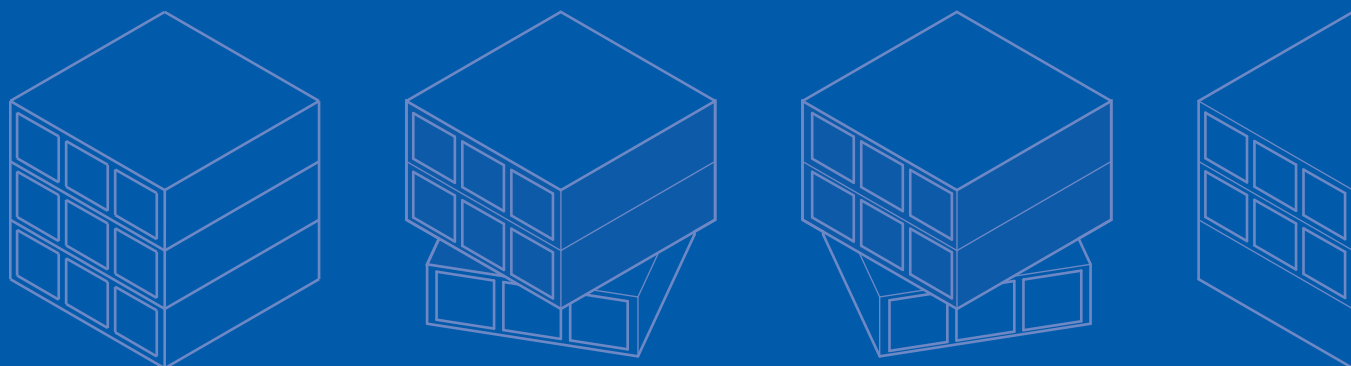
- [4-44] DIN EN 1991-1-1 (NA, NA/A1): Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau. Dez. 2010.
- [4-45] DIN EN 1990 (NA): Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung. Dez. 2010.
- [4-46] DIN EN 1992-1-1 (A1, NA, NA/A1): Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Jan. 2011.
- [4-47] DIN EN 1993-1-1 (A1, NA): Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Dez. 2010.
- [4-48] DIN EN 1994-1-1 (NA): Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau. Dez. 2010.
- [4-49] ISO 10137: Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibrations. 2007.

- [4-50] DIN 4150-2: Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen und Gebäude. Juni. 1999.
- [4-51] DIN EN 1993-1-2 (NA): Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall. Dez. 2010.
- [4-52] DIN EN 1994-1-2 (A1, NA): Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall. Dez. 2010.
- [4-53] DIN 4102-4: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile. Mai. 2016.
- [4-54] ArcelorMittal Belval & Differdange S.A: CoSFB-Betondübel. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Nr.: Z-26.4-59, Geltungsdauer von 29. Jul. 2014 bis 29. Jul. 2019. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Esch-Sur-Alzette (Luxemburg), Juli. 2014.
- [4-55] Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Brandschutzprodukte Teil 2: Reaktive Brandschutzbeschichtungen auf Stahlbauteile. In Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik Reihe LL, 2012.
- [4-56] Fermacell GmbH: „AESTUVER“ Brandschutzplatte. Europäische Technische Bewertung, Nr.: ETA-11/0458, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Duisburg, Sep. 2014.
- [4-57] Deutsche ROCKWOOL Mineralwoll GmbH & Co. OHG: Conlit Steelprotect Board und Conlite Steelprotect Board Alu. Allgemeines bauaufsichtliche Prüfzeugnis, Nr.: P-SAC-02 III-664, Geltungsdauer bis 01.04.2019. MFPA Leipzig GmbH, Gladbeck, Apr. 2014.
- [4-58] Reinische Vermiculite GmbH: Brandschutz-Putzbekleidung „Birocat S“. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Nr.: Z-19.16-35, Geltungsdauer von 17. Nov. 2014 bis 01. Okt. 2019. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Düsseldorf, Nov. 2014.
- [4-59] Daussan S A S: Brandschutz-Putzbekleidung „DOSSOLAN-HOECO D II/1“. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Nr.: Z-19.16-65, Geltungsdauer von 12. Sep. 2016 bis 12. Sep. 2021. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Woippy, Frankreich, Dez. 2016.
- [4-60] Daussan S A S: Brandschutz-Putzbekleidung „DOSSOLAN 3000“. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Nr.: Z-19.16-316, Geltungsdauer von 01. Sep. 2016 bis 01. Sep. 2021. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Woippy, Frankreich, Jan. 2016.
- [4-61] Rudolf Hensel GmbH: HENSOTHERM® 420 KS. Europäische Technische Bewertung, Nr.: ETA-12/0050, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Bornsen, Mai. 2016.
- [4-62] DIN 4102-2: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Bauteile Begriffe, Anforderungen und Prüfungen. Sep. 1977.
- [4-63] Bauministerkonferenz (Hrsg.): Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Systemböden (Muster-Systembödenrichtlinie MSysBÖR). Sep. 2005.
- [4-64] Arbeitskreis Technische Gebäudeausrüstung der Fachkommission Bauaufsicht der BMK: Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR). Feb. 2015.



5 Referenzgebäude

Auswirkung einzelner Gebäudeparameter auf die Nachhaltigkeit

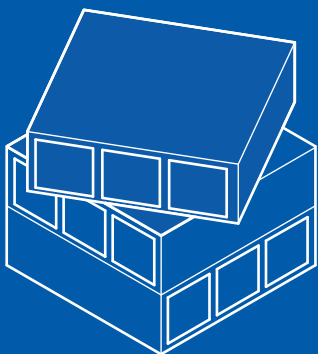


Entwurfsgrundlagen 5.1

Gebäudevarianten 5.2

Konstruktion 5.3

Vergleich der Referenzgebäude 5.4



Auswirkung einzelner Gebäudeparameter auf die Nachhaltigkeit

Johann Eisele | Richard Stroetmann | Lukas Hüttig | Benjamin Trautmann

Um die Anpassungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäuser an andere Nutzungsarten auf verschiedenen Ebenen anhand eines konkreten Beispiels bewerten zu können, wurden drei Entwürfe als Referenzgebäude entwickelt. In den Entwurfsprozess als Büro- und Geschäftshaus floßen die zuvor definierten Planungsparameter, die sich auf die Anpassungsfähigkeit auswirken, unterschiedlich ein, so dass sich notwendige Eingriffe in die Gebäudestruktur für ausgewählte Nachnutzungskonzepte unterschiedlich darstellen. Die drei Entwürfe werden daher im Folgenden als Referenzgebäude mit geringer, mittlerer und hoher Variabilität bezeichnet.

Anhand der drei Referenzgebäude lassen sich die Auswirkungen auf funktionaler, objektplanerischer, konstruktiver, ökologischer und ökonomischer Ebene der einzelnen Gebäudeparameter auf die Nachhaltigkeit bewerten. Anhand der Erstnutzung als Büro- und Geschäftshaus und der ausgewählten Nachnutzungskonzepte werden Aussagen zum Lebenszyklus getroffen und ein Zusammenhang zur Vermarktungsfähigkeit langfristig nutzbarer Gebäude hergestellt.

Abb. 5.1: Bürogebäude „Hohe Brücke“ – aufgelöster Gebäudekomplex der Unternehmenszentrale Doppelmayr mit unterschiedlichen Volumina und Geschoss- bzw. Gebäudehöhen
AllesWirdGut Architektur ZT GmbH | Wolfurt [AT] | 2017

Foto: © Hertha Hurnaus



5.1 Entwurfsgrundlagen

5.1.1 Allgemeines

Im Sinne einer geeigneten Vergleichbarkeit sind im iterativen Entwurfsprozess die Kriterien der Objektplanung stets im Zusammenwirken mit verschiedenen Tragwerkslösungen und überschlägigen Kosten entscheidender Bauteile für die Errichtung gewählt worden. Die unterschiedlichen Referenzgebäude stellen für die Bewertung der Adaptivität und die Auswirkungen auf die Konstruktion, Ökologie und Ökonomie geeignete Referenzprojekte dar – auch wenn die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten in der Architektur alternative Entwurfsansätze erlauben. Mögliche Einflüsse und Vorgaben durch den Standort, wie zum Beispiel durch Grundstücksgröße und -zuschnitte, sind bewusst vermieden worden, um die Bewertung der Adaptivität auf Gebäude- und Konstruktionsebene zu belassen.

5.1.2 Nutzungsszenarien

Bei den Referenzgebäuden handelt es sich um sechs-geschossige Büro- und Geschäftshäuser mit einer riegel-förmigen Kubatur. Im überhöhten Erdgeschoss befinden sich in der Erstnutzung Räume für Gewerbeeinheiten mit einem variierenden Flächenangebot. Die fünf Ober-geschosse werden als Regelgeschosse der vorgesehenen Nutzung als Büroräume zugewiesen. Im Sinne der Flexi-bilität sind sowohl kleinteilige Bürostrukturen als auch großflächige Büroorganisationseinheiten in den Ge-schossebenen umsetzbar. In zwei Untergeschossen sind Stellplätze für PKWs, Lagerungsmöglichkeiten sowie Räume für die Gebäudetechnik untergebracht.

Gegenüber der ersten Nutzungsphase als Bürogebäude werden alle Referenzgebäude für eine abweichende Zweitnutzung umgeplant. Der Aufwand der Umbaumaßnahmen ist abhängig vom Grad der Anpassungsfähigkeit der Referenzgebäude. Als Nachnutzung der Ober-geschosse werden typisch städtische Nutzungsarten

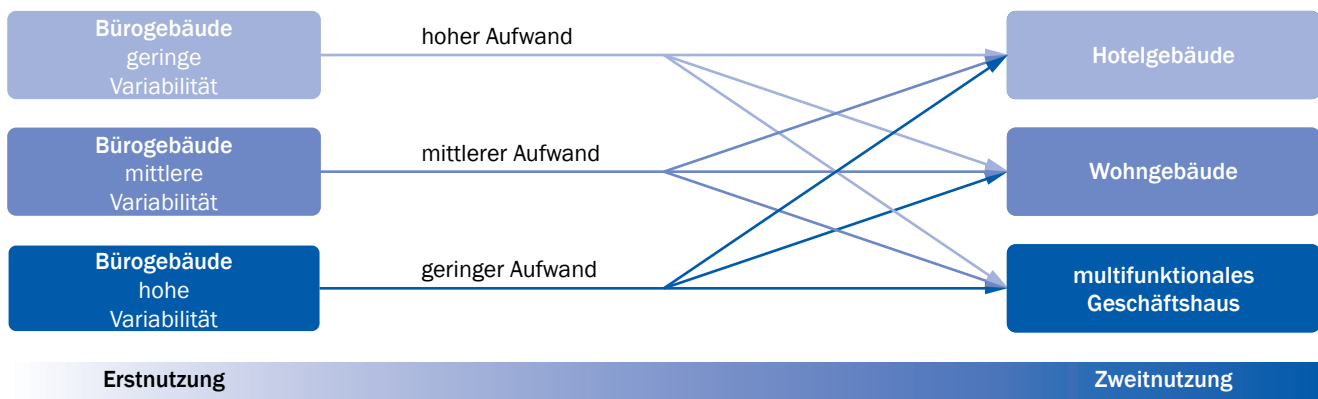


Abb. 5.2: Nutzungsszenarien für Bürogebäude mit unterschiedlich hoher Variabilität

ausgewählt, wie das Wohnen mit den unterschiedlichen Erschließungsformen „Spänner“ und „Laubengang“ oder ein Hotel als Beherbergungsstätte – vgl. Abb. 5.2. Wohnheime für Studierende oder Senioren werden auf Grund der strukturellen, räumlichen und funktionalen Nähe zu Hotel-Grundrissen nicht separat in die Betrachtung einbezogen, da keine zusätzlichen Erkenntnisse zu erwarten wären. Als Merkmal für eine hohe Anpassungsfähigkeit wird zusätzlich die Möglichkeit einer Mischnutzung vorgesehen. Mit dem multifunktionalen Geschäftshaus werden Voraussetzungen geschaffen, lediglich einzelne Geschosse umnutzen zu können ohne bauliche Eingriffe in den angrenzenden Geschossen hervorzurufen. Dies betrifft vor allem bauliche Maßnahmen der vertikalen und horizontalen Leitungsführung der TGA.

5.1.3 Gebäudestruktur und -dimension

Mit den Erkenntnissen der Objektplanung (vgl. Kapitel 3) in Abstimmung mit den Untersuchungen zum Tragwerk (vgl. Kapitel 4) sind für die Referenzgebäude riegelförmige Gebäudekörper mit den Abmessungen von 13 x 82 m (lichte Gebäudetiefe x Gebäudelänge) entwickelt worden. Die lichte Gebäudetiefe von 13 m ist als hoch anpassungsfähiges Maß auf die Erst- und die möglichen Nachnutzungen abgestimmt. Um die konstruktive aber vorrangig die ökonomische Bewertung unter vergleichbaren Bezügen der Gesamtkosten zur Gebäudefläche vornehmen zu können, ist für alle Referenzgebäude eine identische lichte Gebäudetiefe sowie -länge gewählt worden, auch wenn die Anpassungsfähigkeit von Gebäuden unter anderem von der lichten Gebäudetiefe abhängt.

Die Gebäudelänge der Referenzgebäude ergibt sich aus dem konzeptionellen Ansatz, an Gebäudekernen jeweils maximal 400 m²-Nutzungseinheiten anzuord-

nen (vgl. Abb. 5.3 oben), für die im Bürobau vereinfachte brandschutztechnische Vorgaben baurechtlich formuliert sind. Im zweiten Schritt wurden die Größe der Nutzungseinheiten an den Gebäudeenden von 400 m² auf 200 m² reduziert. Dies lässt sich einerseits in einem variableren Büroflächenangebot begründen und andererseits lassen sich auf den reduzierten Flächen Wohneinheiten mit einem Wohnungsgrößenmix von bis zu 120 m² effizient und funktional anordnen. Die allgemeinen Anforderungen an Flucht- und Rettungsweglängen von maximal 35 m gemäß MBO sowie an Stichflurlängen aus der MBeVO von maximal 15 m können in den gewählten Abmessungen der Referenzgebäude nachgewiesen werden.

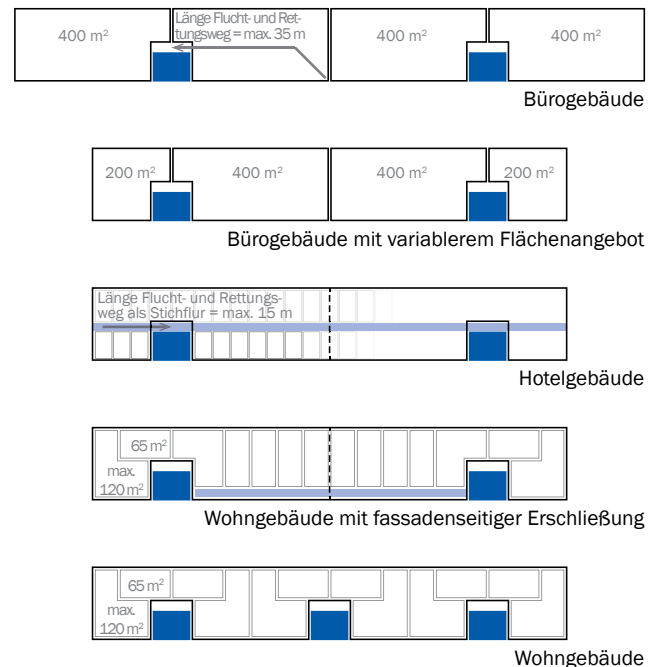


Abb. 5.3: Räumliche und funktionale Kriterien zur Festlegung der Gebäudeabmessung der Referenzgebäude mit Circa-Flächenangaben

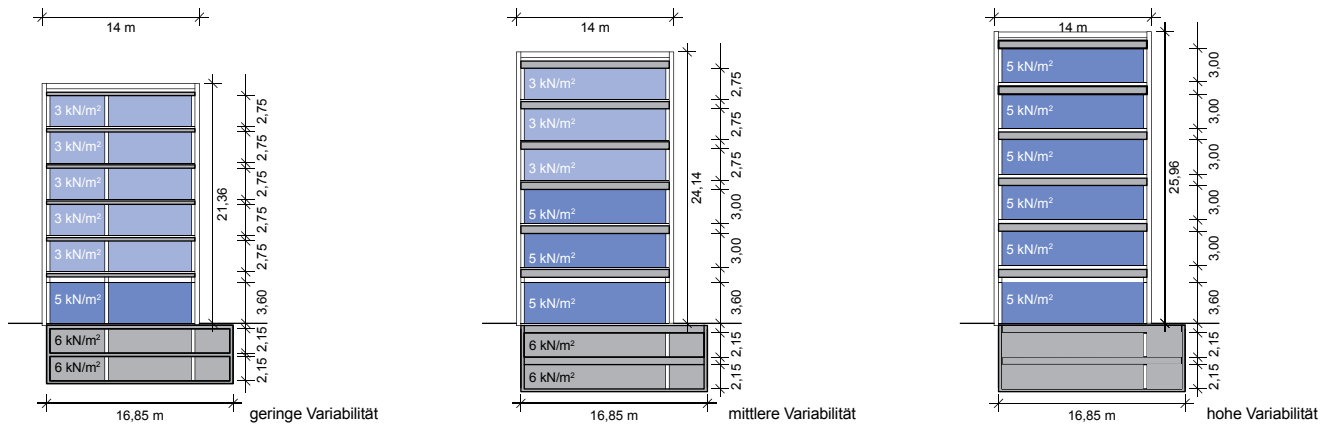


Abb. 5.4: Referenzgebäude in unterschiedlichen Variabilitätsgraden im Schnitt mit Angabe der Geschosshöhen und der Flächenlastanforderung

Die Erschließung der Referenzgebäude erfolgt über zwei bzw. im Referenzgebäude mit hoher Variabilität über drei kompakte Gebäudekerne. Der dritte Gebäudekern ermöglicht eine flexible Unterteilung der Geschossfläche in unterschiedlich große Büroeinheiten. Für die Nachnutzung als Hotel wäre ein dritter Gebäudekern nicht erforderlich, könnte jedoch zu Servicezwecken herangezogen werden. Bei der Umnutzung in ein Wohngebäude mit einer Erschließung über den Treppenraum ist der dritte Gebäudekern funktionale Voraussetzung. Andernfalls erfolgt die Erschließung der in Gebäudemitte liegenden Wohneinheiten ausschließlich über Laubengänge. Dies führt zu entsprechenden Einschränkungen bei der Zonierung der Wohnungsgrundrisse. Bei der Nutzung als multifunktionales Geschäftshaus ließen sich über den zusätzlichen Gebäudekern die verschiedenen Nutzungen erschließungstechnisch voneinander trennen.

Die Unterschiede der Gesamthöhen der Referenzgebäude setzt sich aus den unterschiedlichen Geschosshöhen der Obergeschosse zusammen. Während für die Untergeschosse und das Erdgeschoss in allen Gebäuden identische Abmessungen angenommen wurden, ist für das Referenzgebäude mit geringer Variabilität eine lichte Geschosshöhe von 2,75 m und für das Referenzgebäude mit hoher Variabilität 3,00 m vorgesehen. Im Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität weisen die unteren beiden Obergeschosse 3,00 m und die oberen Geschosse 2,75 m lichte Geschosshöhe auf (vgl. Abb. 5.4).

Die Mindestanforderung von 2,75 m begründet sich in der weitestgehend flexiblen Nutzung von Büroräumen, die im Forschungsvorhaben P881 [5-1] untersucht wurde. Dieses Maß kann für Nutzungsarten mit hohen Räumen wie beispielsweise Atelierräume oder großflächige Büroorganisationsformen zu Belichtungsschwierigkeiten führen. Daher wurde für die Referenzgebäude mit

mittlerer in Teilen und hoher Variabilität vollständig lichte Geschosshöhen von 3,00 m gewählt, die die Anforderungen fast aller Nutzungsarten erfüllt.

Im Erdgeschoss wird für verschiedene ergänzende Nutzungen, wie ein Foyer, gastronomische Angebote, Besprechungs- und Konferenzbereiche sowie Räumlichkeiten für Sportangebote, eine lichte Raumhöhe von 3,60 m und ausreichendem Installationsraum für den (abgehängten) Deckenbereich vorgesehen. Für die technischen Flächen und Lagerflächen sowie die Stellplätze in den Untergeschossen wird eine geringe, für die Nutzungen ausreichende Raumhöhe von 2,15 m definiert.

5.1.4 Gebäudetragerwerk

Entsprechend der variierenden lichten Raumhöhen werden Nutzlasten auf den Geschossdecken mit 3 bzw. 5 kN/m² berücksichtigt (vgl. Abb. 5.4). Während mit 5 kN/m² in den Obergeschossen die Anforderungen fast aller Nutzungsarten erfüllt werden, sind mit 3 kN/m² nur die Nutzungsarten Büro, Wohnen und Beherbergungsstätte abgedeckt (vgl. Abb. 4.2). Die Nutzlast für die Untergeschosse wird für die vorgesehenen Nutzungsarten einheitlich mit 6 kN/m² festgelegt.

Als Deckentragwerke werden für die Referenzgebäude zwei verschiedene Systeme ausgewählt – Unterzugdecken und Flachdecken. Während die Unterzugdecke in der Lage ist, die festgelegte lichte Gebäudetiefe von 13 m ohne zusätzliche Mittelstütze zu überspannen und so eine hohe Freiheit bei der Gestaltung der Räume bietet, muss das gewählte Flachdeckensystem für das Referenzgebäude mit geringerer Variabilität in Gebäudemitte unterstützt werden. Die Innenstützen werden aus den funktionalen Anforderungen einer zentralen Mittelzone außermittig,

im Randbereich der Mittelzone angeordnet, um räumliche Einschränkungen in der Nutzung zu begrenzen und die Gebäudestruktur zusätzlich auf das Stützenraster der Tiefgarage abzustimmen.

In der Addition von lichter Geschosshöhe und Deckenaufbau erzeugt die konstruktive Höhe der Unterzugdecke im Vergleich zum Flachdeckensystem ein deutlich höheres Maß, das sich auf die Gesamthöhe des Gebäudes auswirkt. Unterdessen bieten Unterzugdecken den Vorteil eines Installationsraumes in Trägerebene zur Verteilung der Medien der TGA. Muss bei Flachdeckensystemen der Installationsraum mittels aufgeständerten Hohlraumboden oder abgehängter Decke gleichwertig hergestellt werden, neutralisiert sich der Vorteil der geringen Konstruktionshöhe (vgl. Abb. 3.31). Um den Vorteil der geringen Geschosshöhe von Flachdeckensystemen gegenüber Unterzugsystemen auszuschöpfen, ist die Begrenzung der horizontalen Verteilung der Medien der TGA auf den Bereich der Zone in Gebäudemitte sinnvoll. Dort ist die Reduktion der Raumhöhe durch abgehängte Deckenbereiche für die Nutzung als wenig einschränkend einzustufen, sofern es sich um Erschließungs- und Nebenräume handelt.

Im Referenzgebäude mit hoher Variabilität wird neben dem Installationsraum in der Trägerebene der Unterzugdecke zusätzlicher Raum in einem Doppelboden vorgesehen, um notwendige bauliche Veränderungen der TGA auf die betreffende Nutzungseinheit beschränken zu können. Bei den Gebäuden mit geringer und mittlerer Variabilität können im Umnutzungsprozess für Folgenutzungen Eingriffe erforderlich werden, die zu Beeinträchtigungen in den angrenzenden Geschossen führen. Diese können sich auf die Vermarktungsfähigkeit und Mieteinnahmen auswirken. Der größere Installationsraum durch die Anordnung von Unterzugdecken und Doppelböden erfordert

einen entsprechend hohen Geschosdeckenaufbau. Die dadurch erwirkte, höhere Variabilität der TGA führt zu einem höheren konstruktiven und monetären Aufwand bei den vertikalen Elementen wie Fassaden, Stützen, Wänden, Treppenläufe, Schächten und Rohrleitungen, deren Höhe um das entsprechende Maß zunehmen.

5.1.5 Fassade

Kosten für Fassaden wirken sich prozentual stark auf die Gebäudegesamtkosten aus; je nach Fassadentyp variieren sie deutlich. Um mit unterschiedlichen Fassadenarten die Bewertung der Adaptivität nicht zu deutlich zu beeinflussen, wurde für alle Referenzgebäude ein einheitliches Fassadenbild unabhängig vom Adaptivitätsgrad gewählt. Die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Fassaden in Abhängigkeit zur Gebäudehöhe wurden in Abschnitt 4.5 dargestellt.

5.2 Gebäudevarianten

Um die Vergleichbarkeit der Referenzgebäude zu gewährleisten wurden einige Gebäudeparameter, die vorrangig die Dimension definieren, gleichwertig angesetzt:

- lichte Gebäudetiefe: 13 m
- Gebäudelänge: 82 m
- Ausbauraster: 1,35 m
- Konstruktionsraster: 5,40 m
- Lage Treppenraum: fassadenseitig

Alle abweichenden Parameter werden in den nachfolgenden Darstellung der Referenzgebäude separat aufgelistet, da die Unterschiede in dem abgebildeten Maßstab der Zeichnungen nur schwerlich zu erkennen sind.

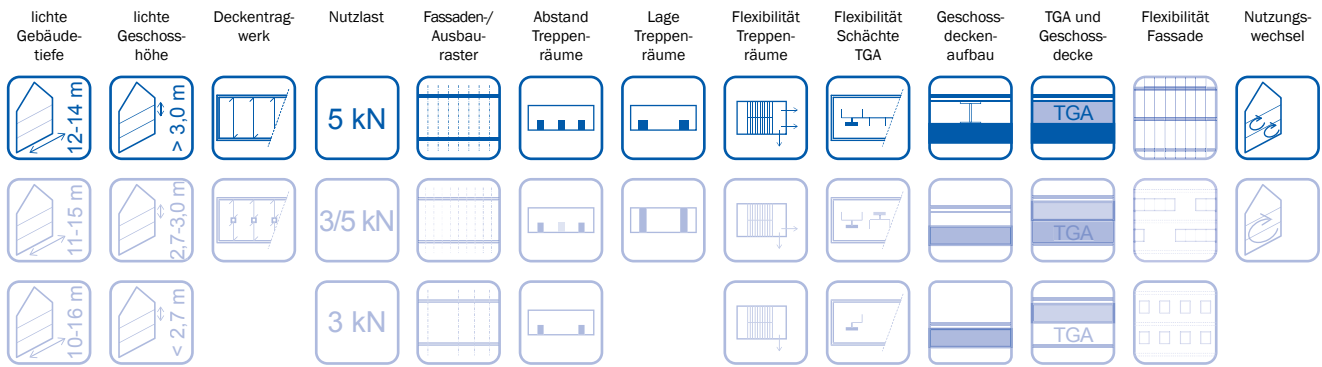
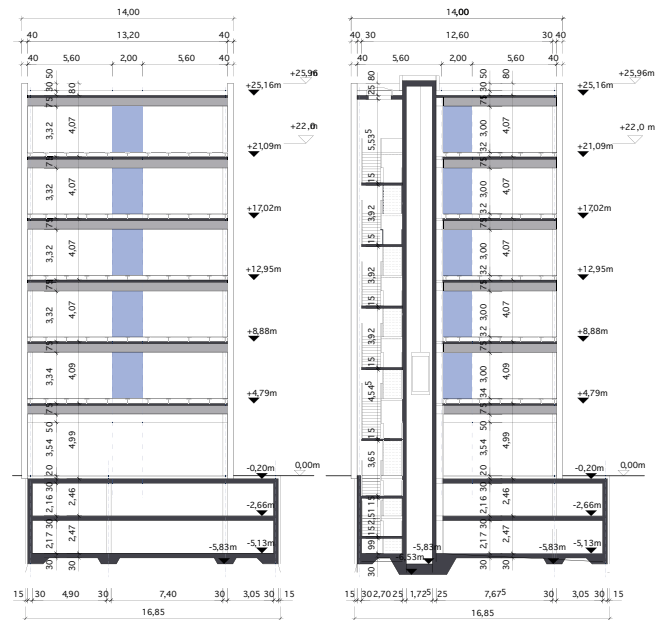


Abb. 5.5: Übersicht der einbezogenen Parameter für das Referenzgebäude mit hoher Variabilität

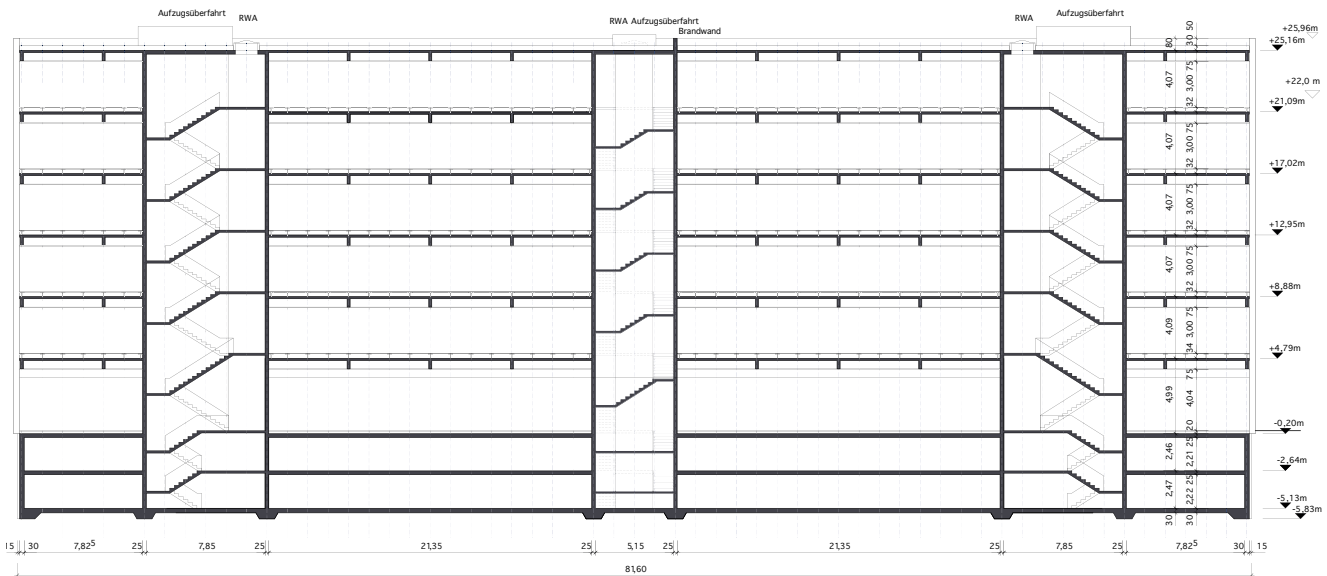
5.2.1 Referenzgebäude - hohe Variabilität

Die ergänzenden Entwurfsparameter für das Referenzgebäude mit hoher Variabilität setzen sich aus den folgenden Vorgaben zusammen:

- lichte Geschosshöhe: 3,00 m (OGs), 3,62 m (EG) und 2,16 m (UGs)
- Deckentragwerk: Unterzugdecke
- Nutzlast Deckentragwerk: 5 kN/m² (EG und OGs); 6 kN/m² (UGs)
- Anzahl Trepperräume: 3
- Medien TGA: in Konstruktionsebene und oberhalb der Geschossdecke
- Geschossdeckenaufbau: Hohlraumboden
- Nutzungswechsel: geschossweiser Wechsel bedingt keinen Eingriff in benachbarte Geschosse

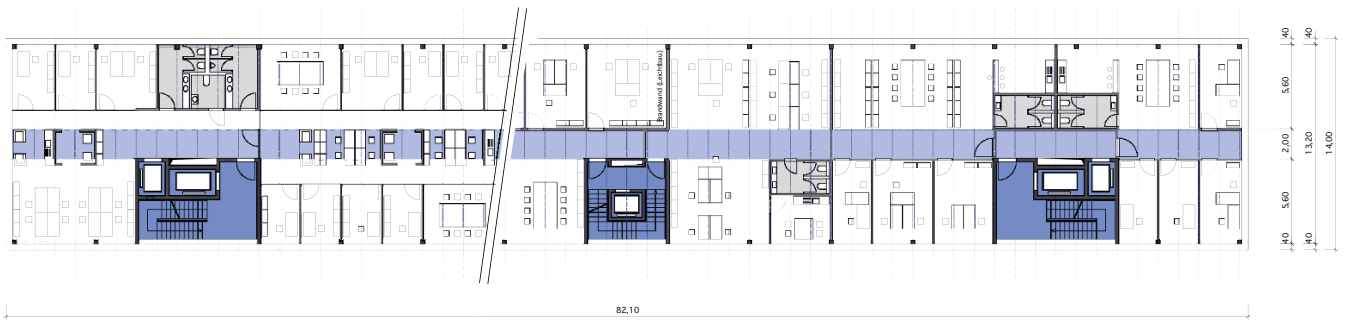


Schnitte quer



Schnitt längs

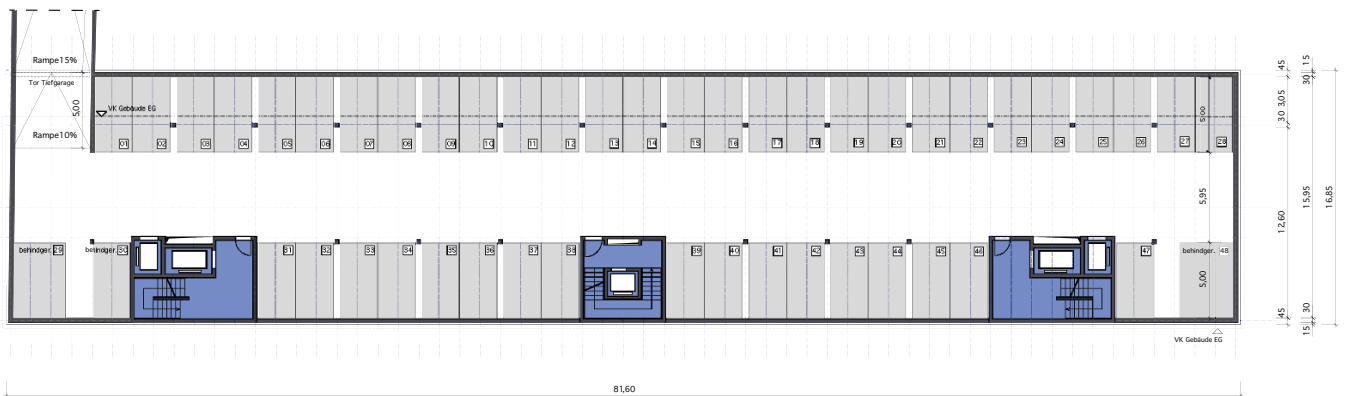
Abb. 5.6: Schnitte längs und quer des Referenzgebäudes „hohe Variabilität“



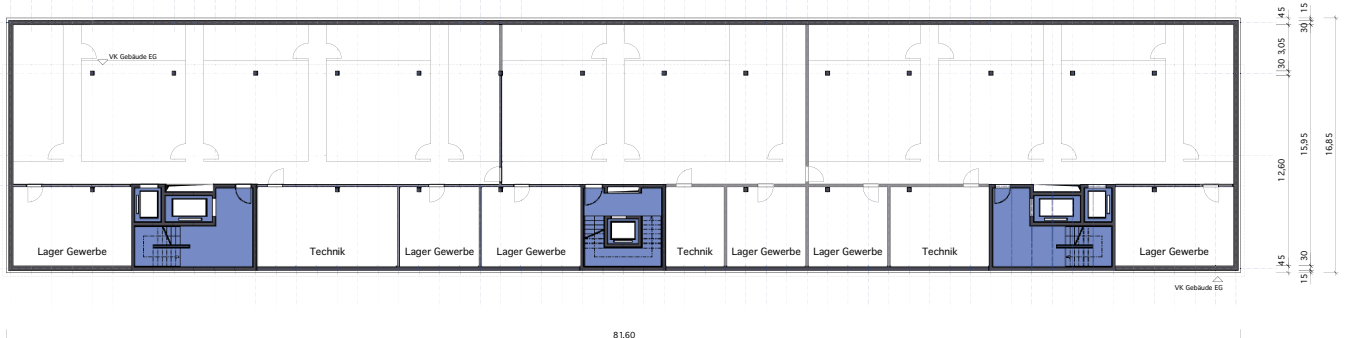
Regelgeschoss



Erdgeschoss

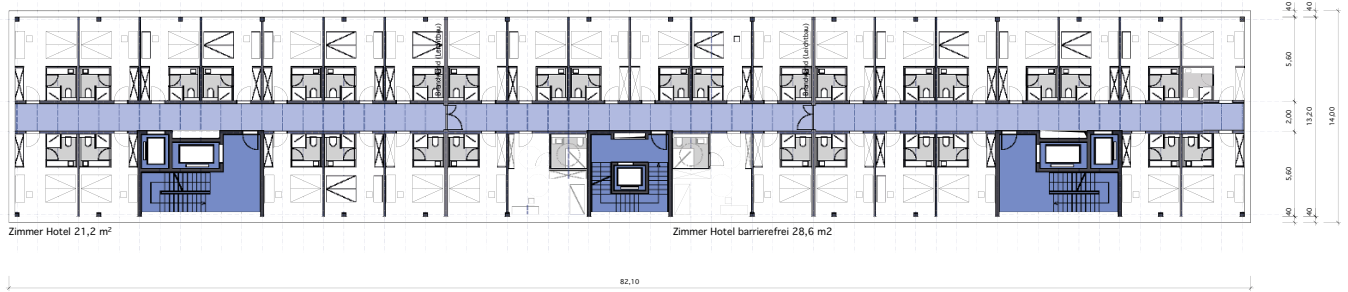


Untergeschoss 01

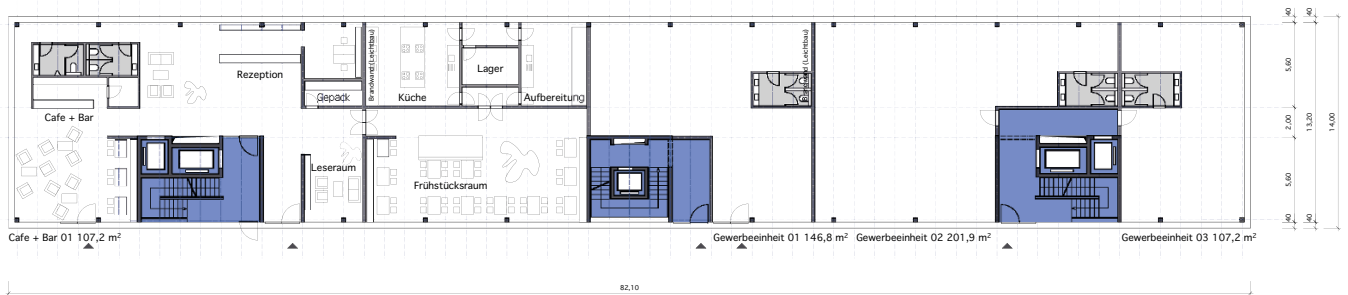


Untergeschoss 02

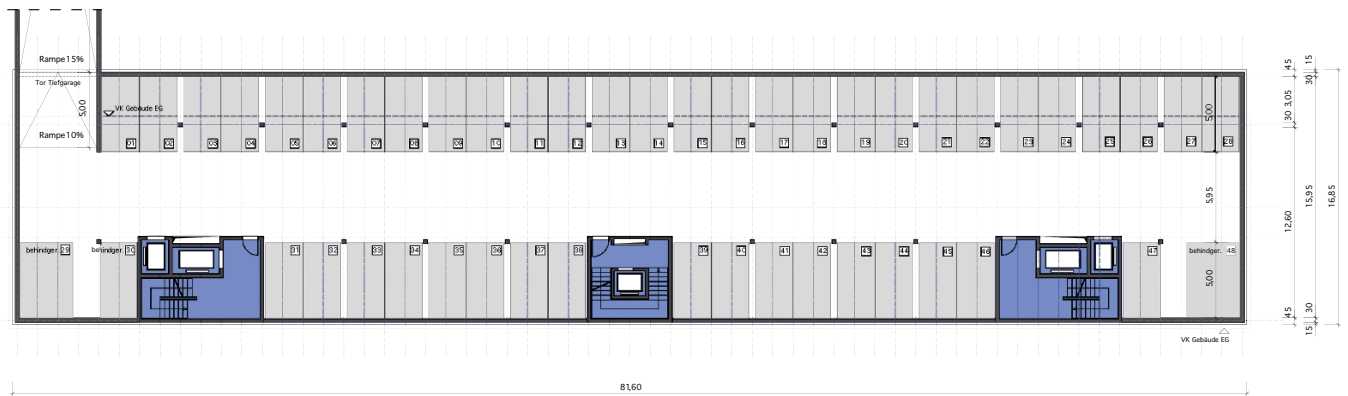
Abb. 5.7: Grundrisse Referenzgebäude „hohe Variabilität“ für eine Büronutzung



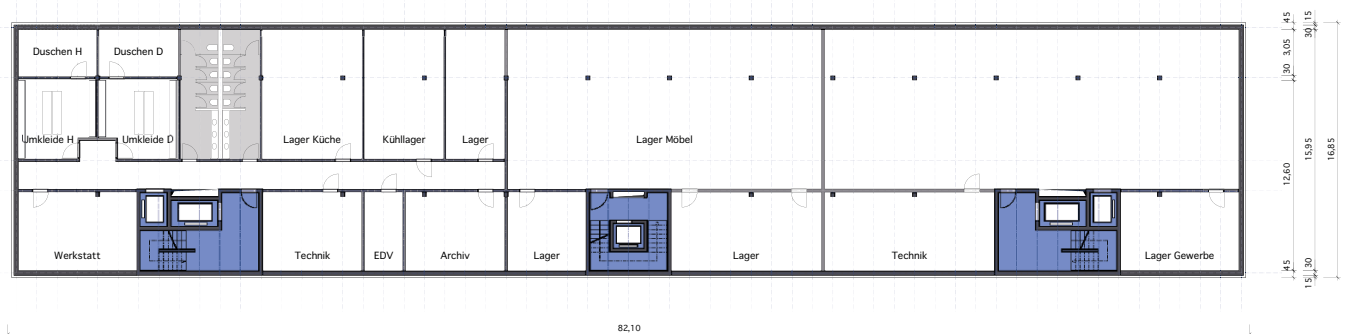
Regelgeschoss



Erdgeschoss

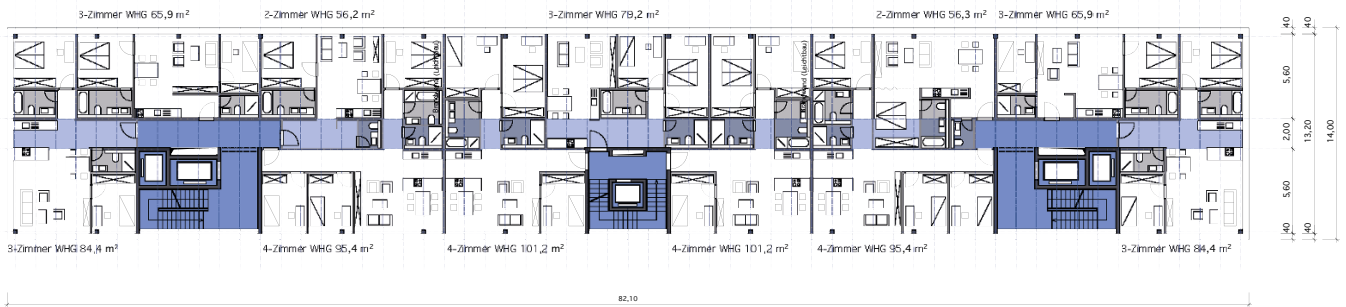


Untergeschoss 01

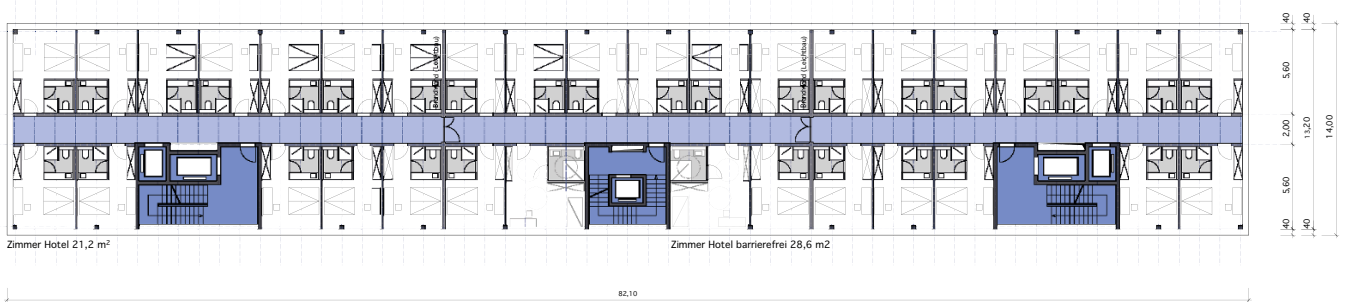


Untergeschoss 02

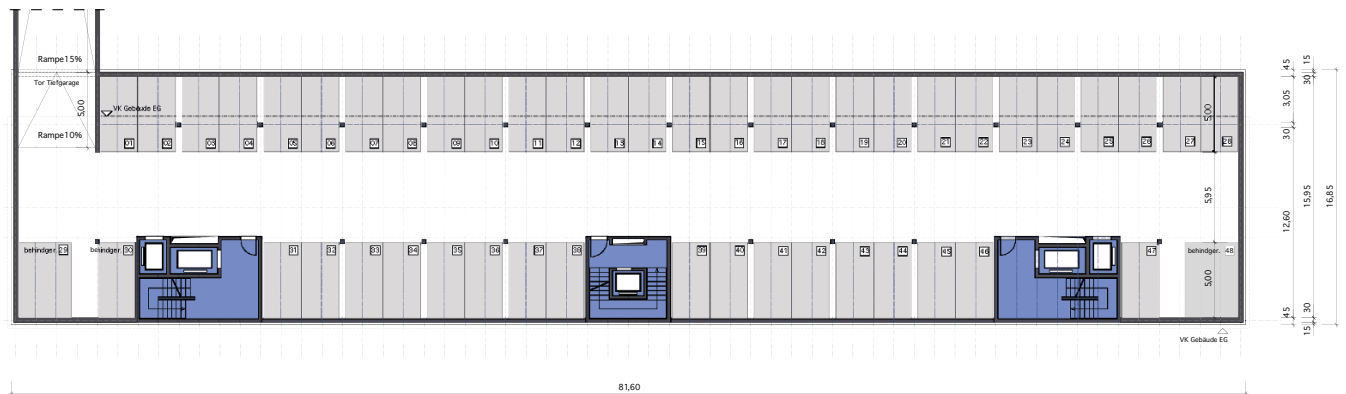
Abb. 5.8: Grundrisse Referenzgebäude „hohe Variabilität“ für eine Hotelnutzung



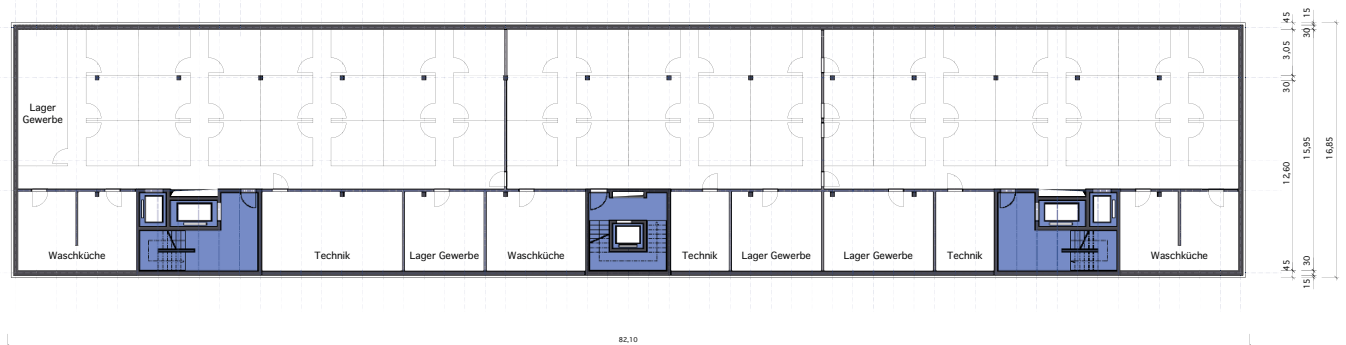
Regelgeschoss



Erdgeschoss



Untergeschoss 01



Untergeschoss 02

Abb. 5.9: Grundrisse Referenzgebäude „hohe Variabilität“ für eine Wohnnutzung

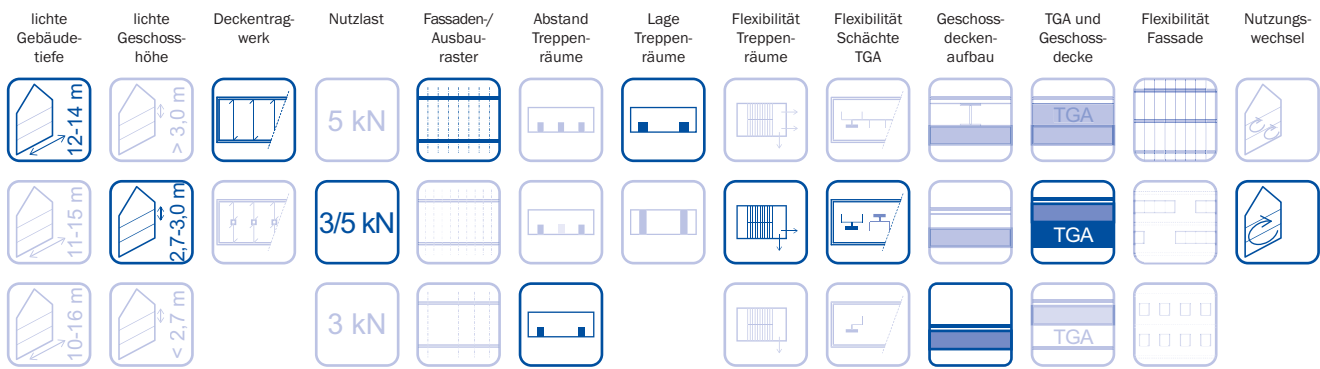
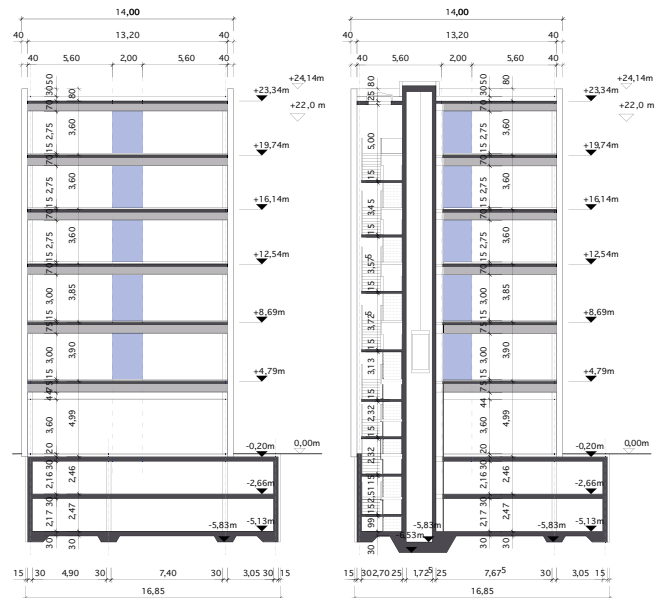


Abb. 5.10: Übersicht der einbezogenen Parameter für das Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität

5.2.2 Referenzgebäude - mittlere Variabilität

Die ergänzenden Entwurfsparameter für das Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität setzen sich aus den folgenden Vorgaben zusammen:

- lichte Geschosshöhe: 3,00 m (1.–2. OG), 2,75 m (3.–5. OG), 3,62 m (EG) und 2,16 m (UGs)
- Deckentragwerk: Unterzugdecke
- Nutzlast Deckentragwerk: 5 kN/m² (EG–2. OG); 3 kN/m² (3.–5. OG); 6 kN/m² (UGs)
- Anzahl Trepperräume: 2
- Medien TGA: in Konstruktionsebene
- Geschossdeckenaufbau: Standard
- Nutzungswechsel: geschossweiser Wechsel bedingt Eingriff in benachbarte Geschosse

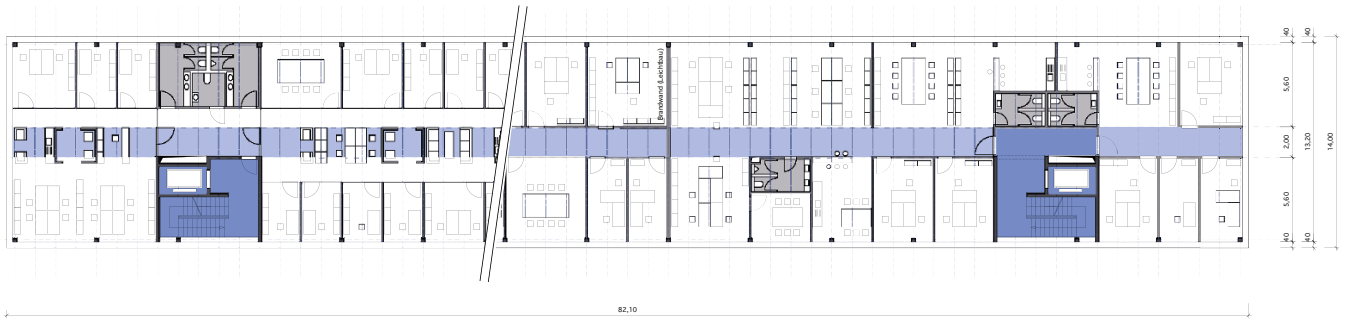


Schnitte quer



Schnitt längs

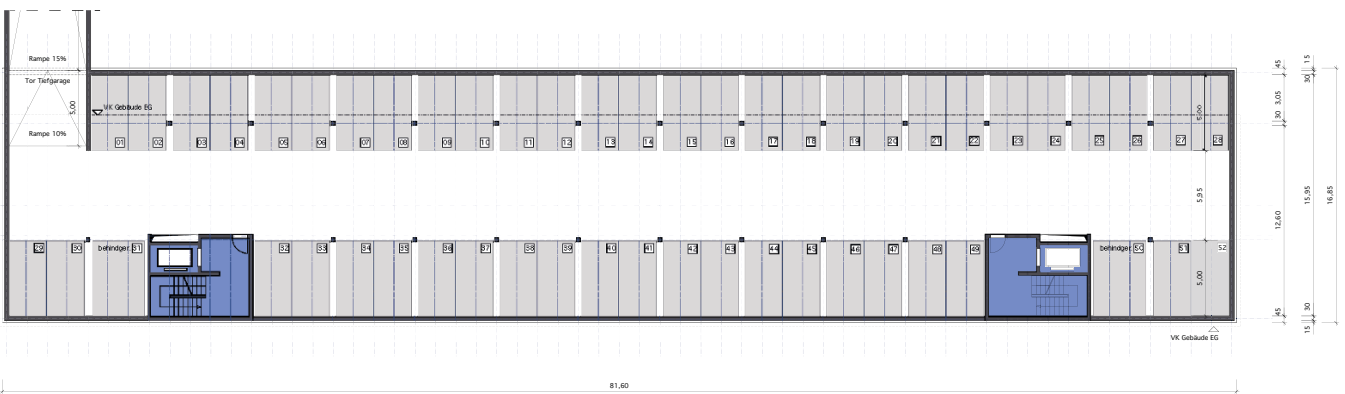
Abb. 5.11: Schnitte längs und quer des Referenzgebäudes „mittlere Variabilität“



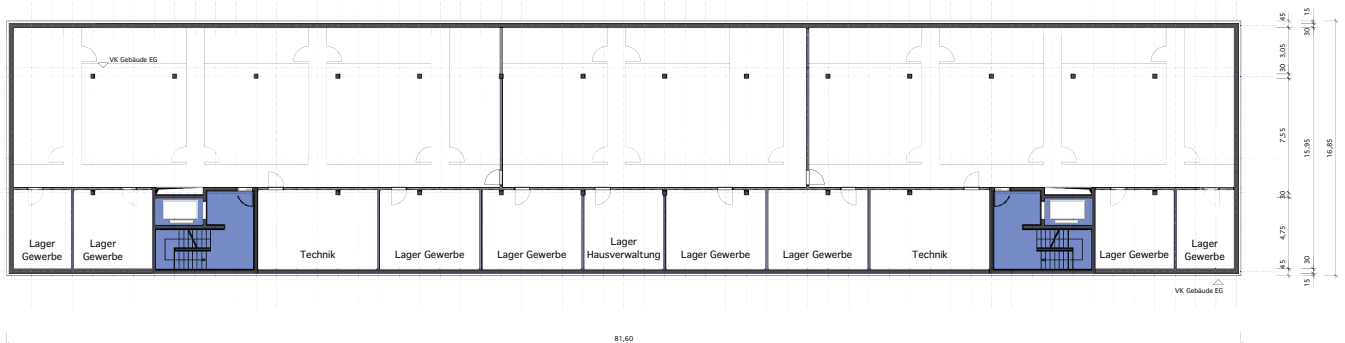
Regelgeschoss



Erdgeschoss

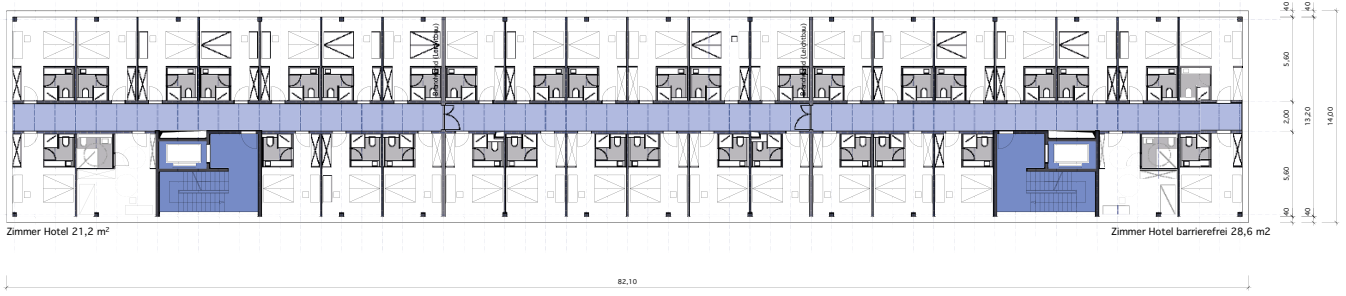


Untergeschoss 01



Untergeschoss 02

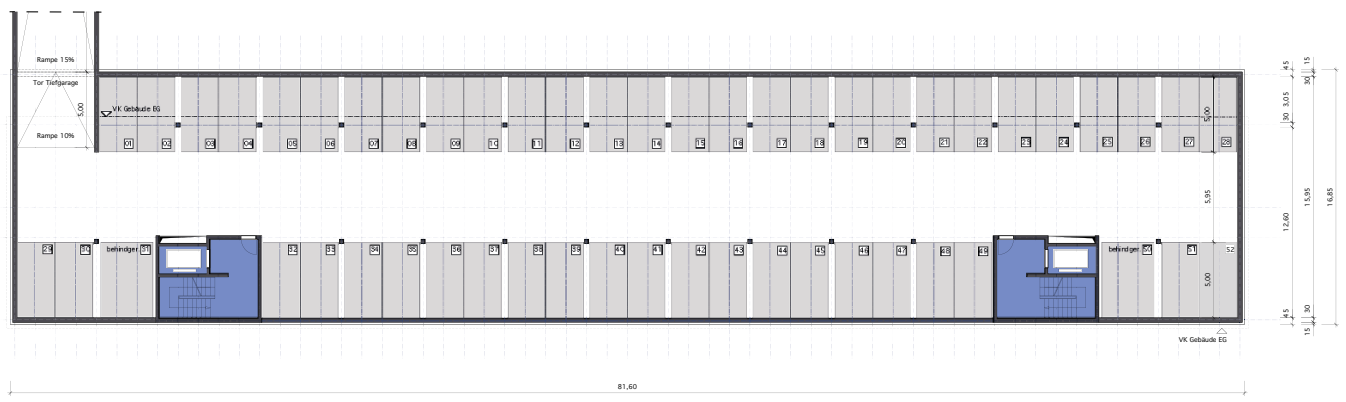
Abb. 5.12: Grundrisse Referenzgebäude „mittlere Variabilität“ für eine Büronutzung



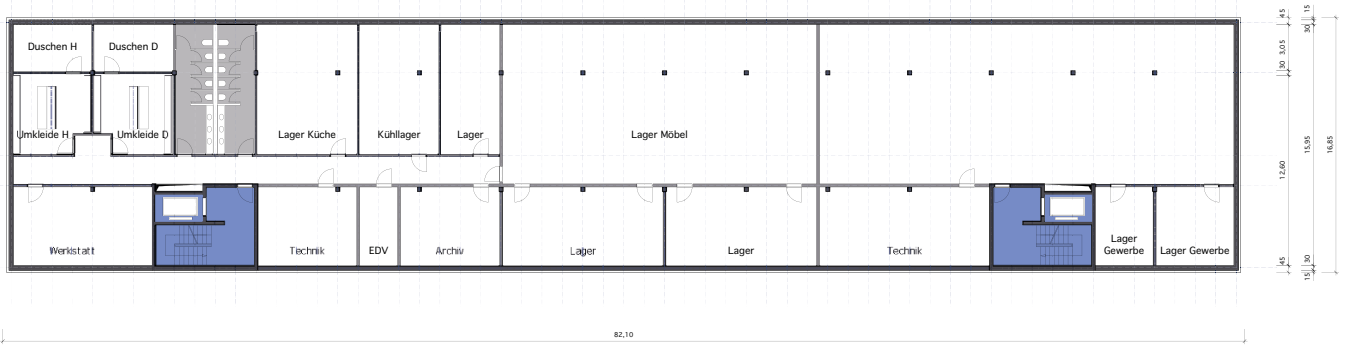
Regelgeschoss



Erdgeschoss

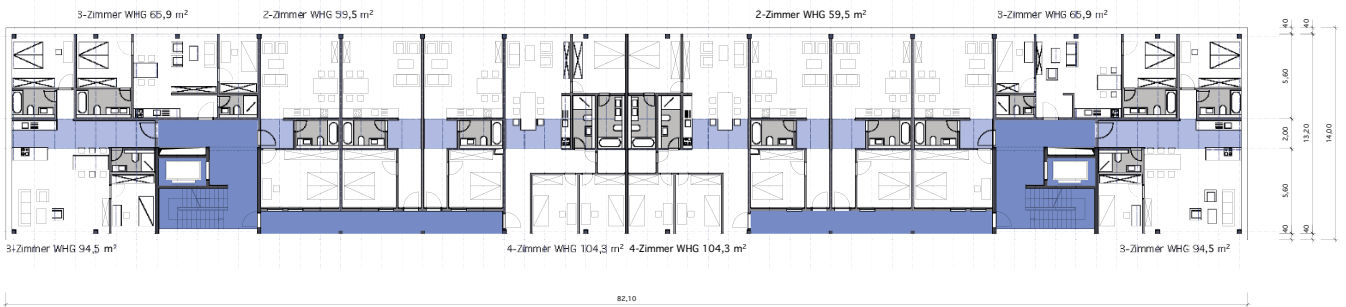


Untergeschoss 01

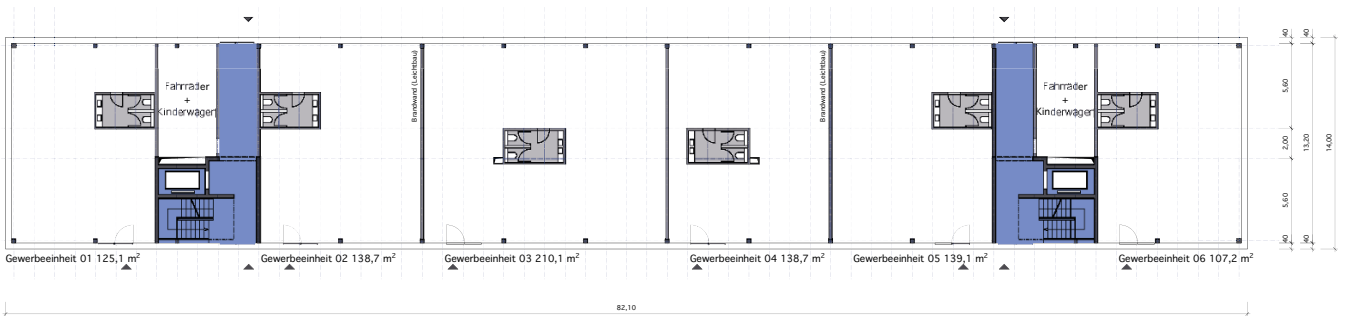


Untergeschoss 02

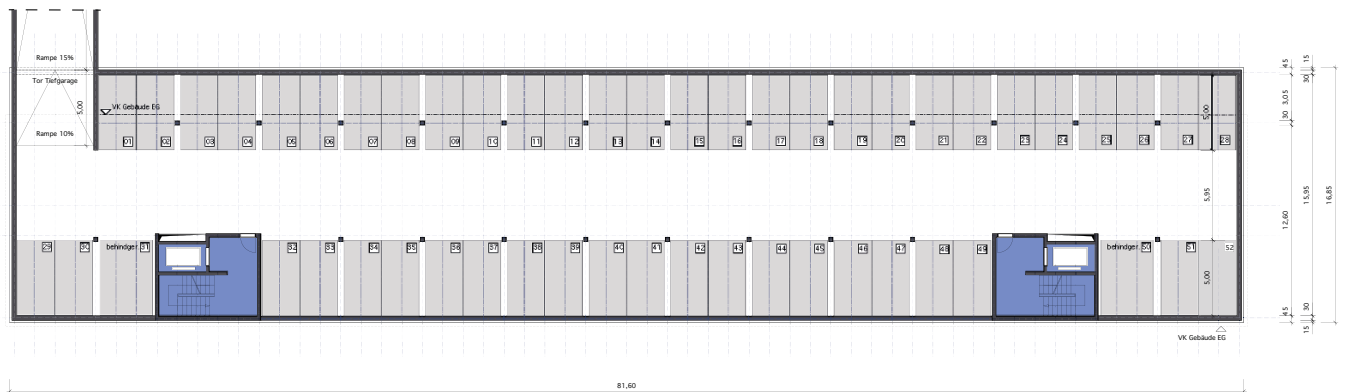
Abb. 5.13: Grundrisse Referenzgebäude „mittlere Variabilität“ für eine Hotelnutzung



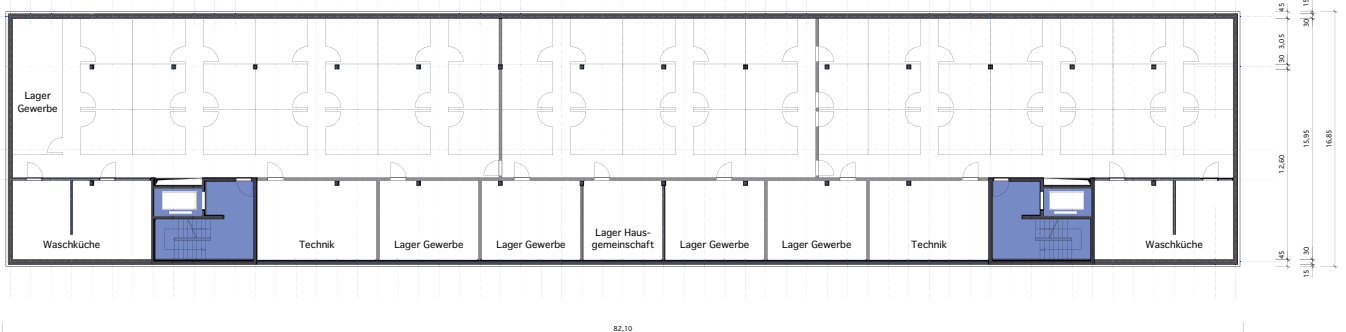
Regelgeschoss



Erdgeschoss



Untergeschoss 01



Untergeschoss 02

Abb. 5.14: Grundrisse Referenzgebäude „mittlere Variabilität“ für eine Wohnnutzung

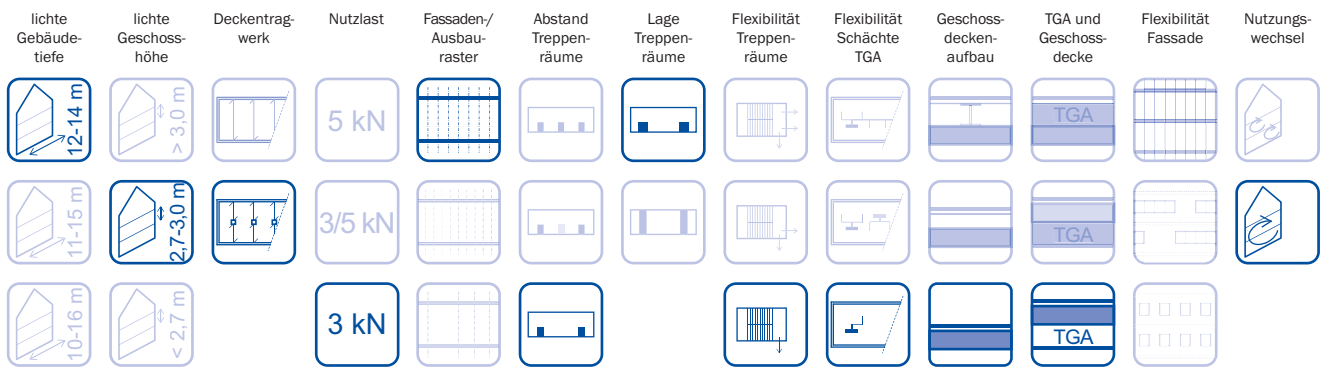
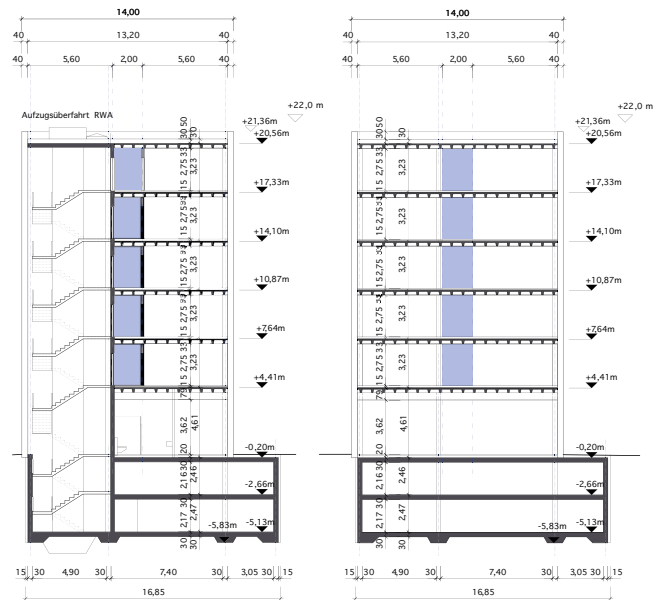


Abb. 5.15: Übersicht der einbezogenen Parameter für das Referenzgebäude mit geringer Variabilität

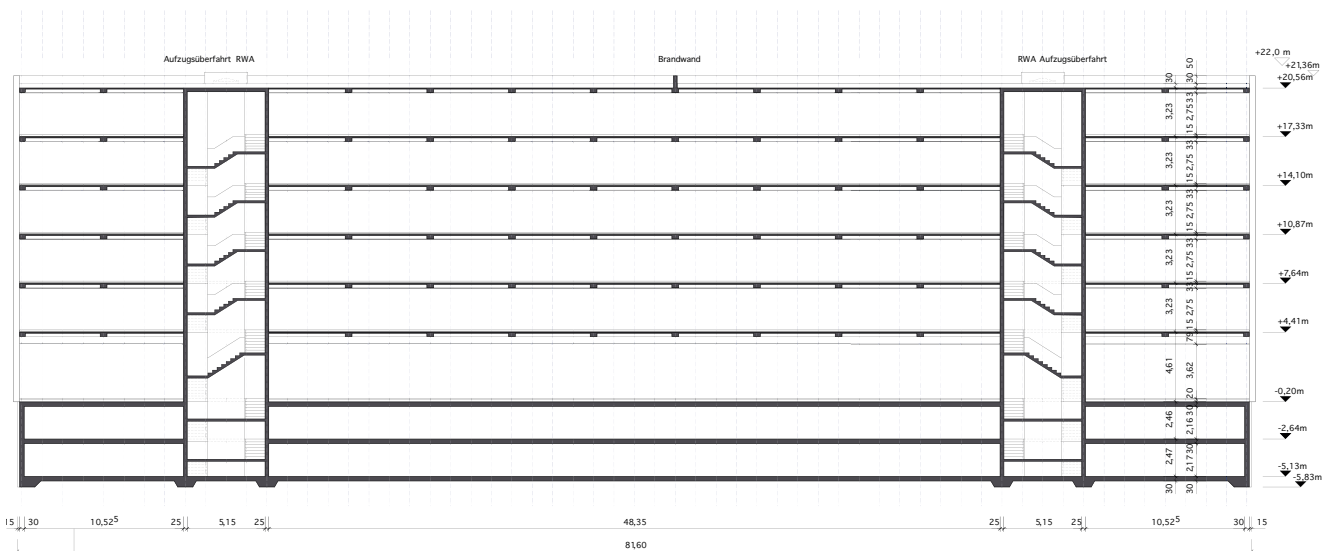
5.2.3 Referenzgebäude - geringe Variabilität

Die ergänzenden Entwurfsparameter für das Referenzgebäude mit geringer Variabilität setzen sich aus den folgenden Vorgaben zusammen:

- lichte Geschosshöhe: 2,75 m (OGs), 3,62 m (EG) und 2,16 m (UGs)
- Deckentragwerk: Flachdecke
- Nutzlast Deckentragwerk: 3 kN/m² (OGs); 5 kN/m² (EG); 6 kN/m² (UGs)
- Anzahl Treppenräume: 2
- Medien TGA: in abgehängter Unterdecke
- Geschossdeckenaufbau: Standard
- Nutzungswechsel: geschossweiser Wechsel bedingt Eingriff in benachbarte Geschosse



Schnitte quer

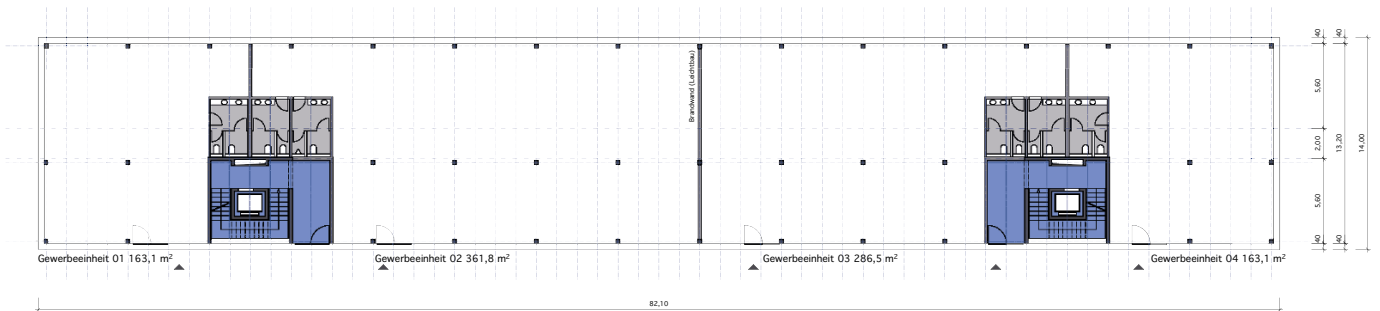


Schnitt längs

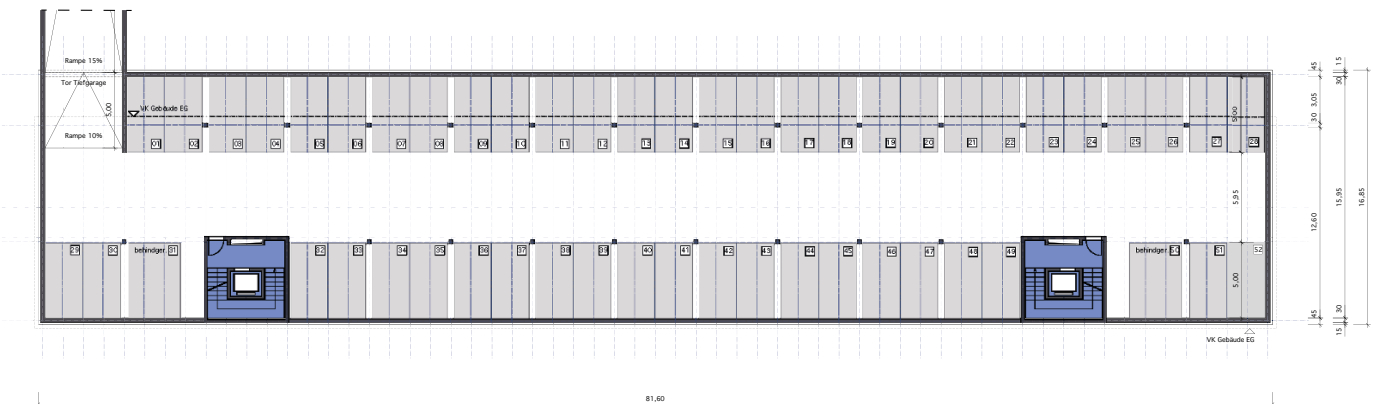
Abb. 5.16: Schnitte längs und quer des Referenzgebäudes „geringe Variabilität“



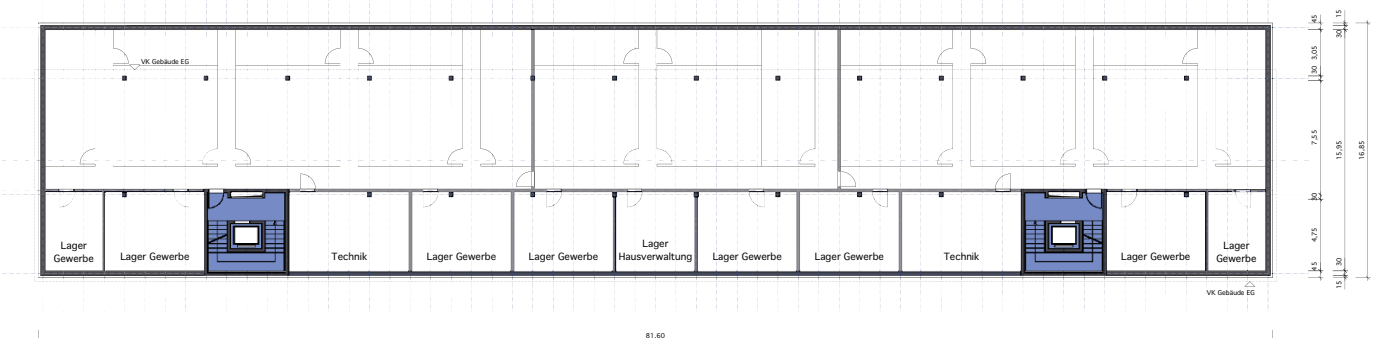
Regelgeschoss



Erdgeschoss

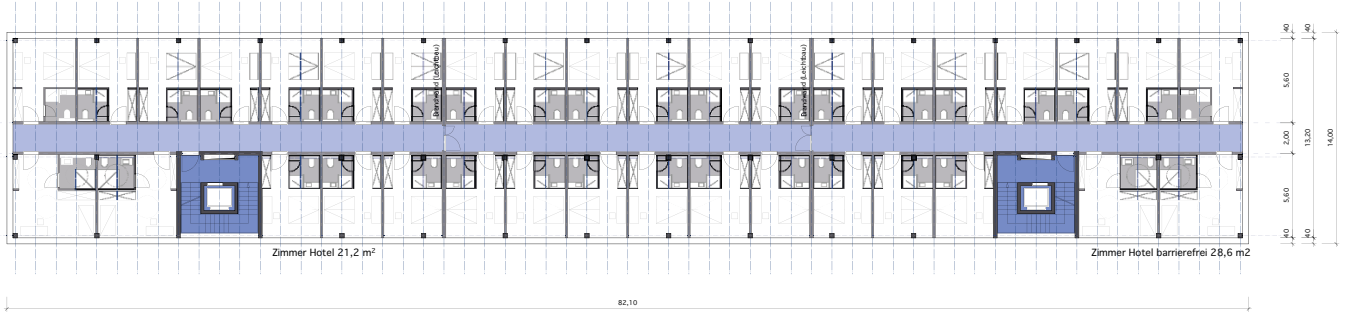


Untergeschoss 01

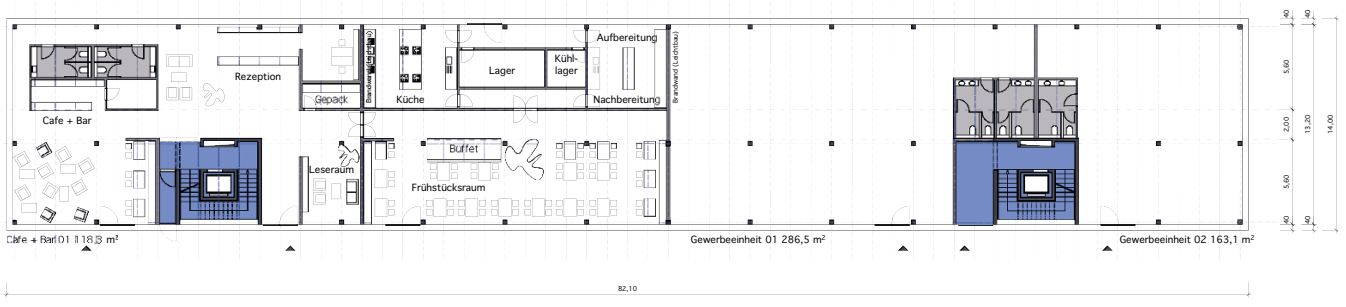


Untergeschoss 02

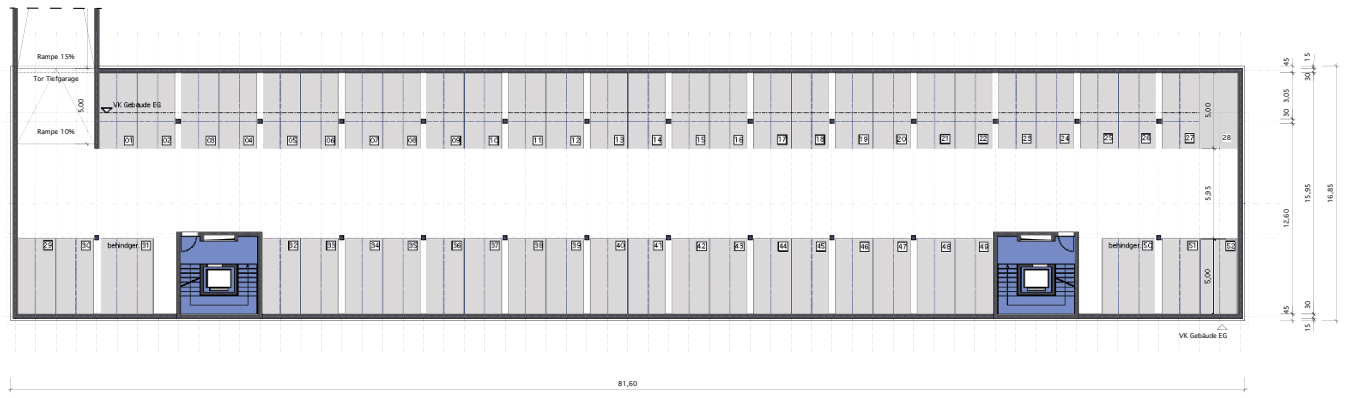
Abb. 5.17: Grundrisse Referenzgebäude „geringe Variabilität“ für eine Büronutzung



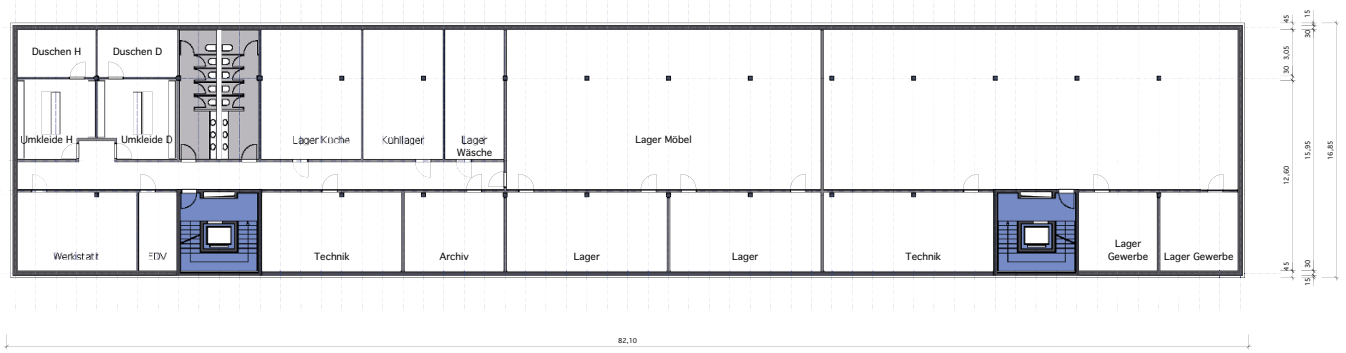
Regelgeschoss



Erdgeschoss

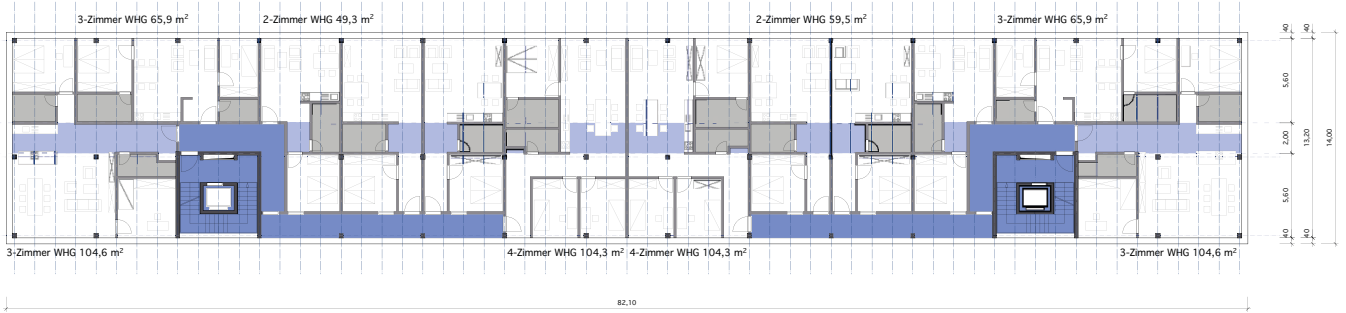


Untergeschoss 01

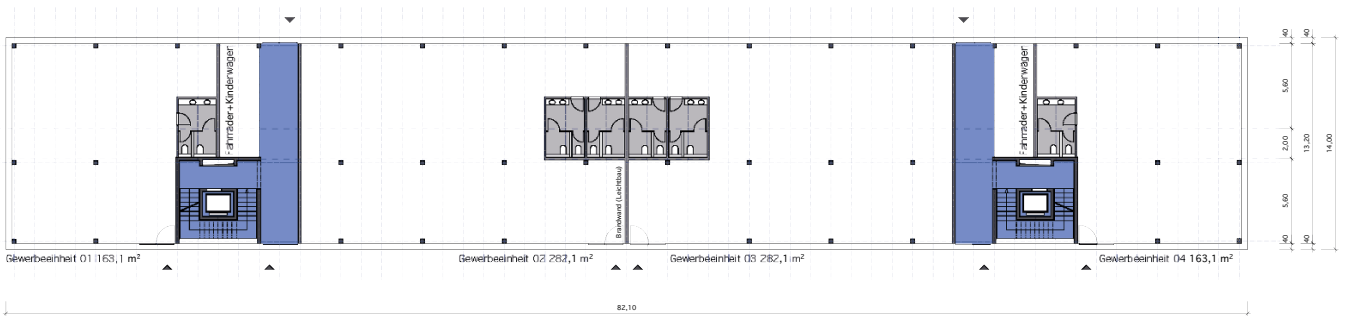


Untergeschoss 02

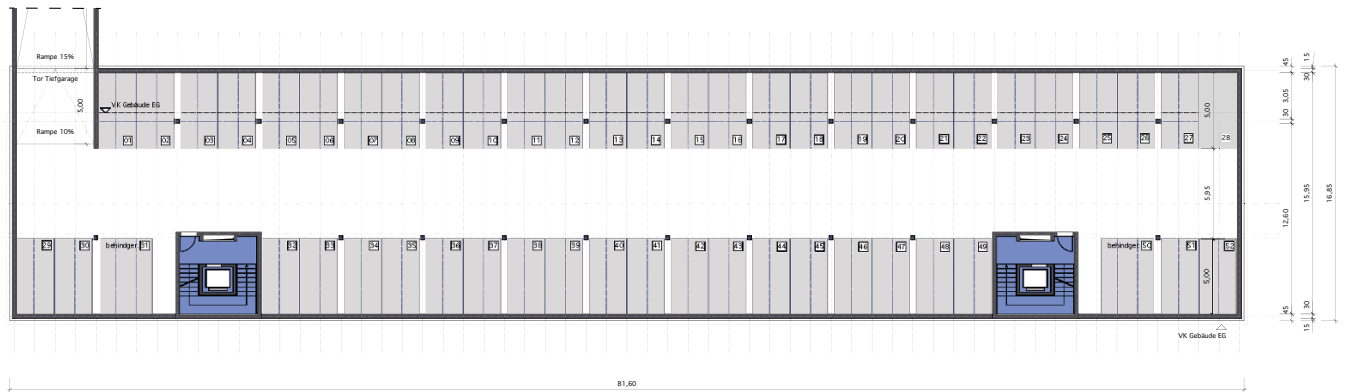
Abb. 5.18: Grundrisse Referenzgebäude „geringe Variabilität“ für eine Hotelnutzung



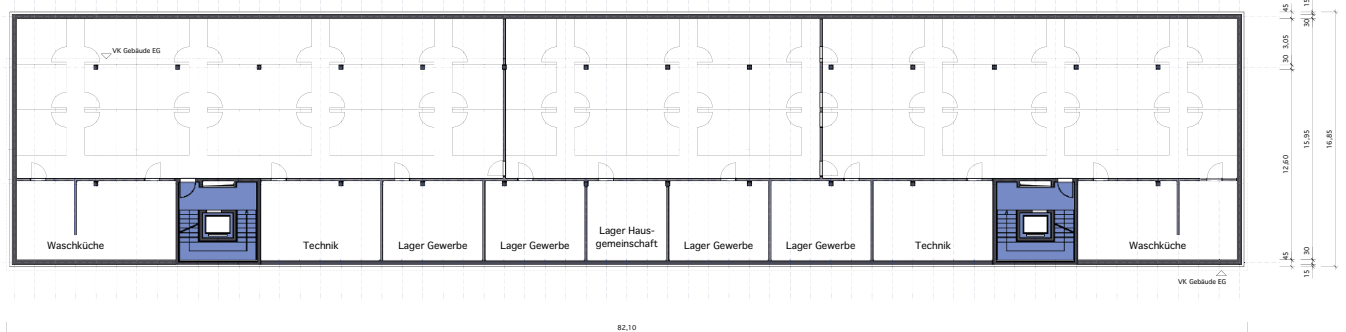
Regelgeschoss



Erdgeschoss



Untergeschoss 01



Untergeschoss 02

Abb. 5.19: Grundrisse Referenzgebäude „geringe Variabilität“ für eine Wohnnutzung

5.3 Konstruktion

5.3.1 Allgemeines

Für die vorgestellten Referenzgebäude werden die Auswirkungen verschiedener Variabilitätsgrade sowie deren Einflüsse auf die Gebäudegründung und Fassade betrachtet. Detaillierte Informationen zu den untersuchten Gründungsszenarien liefert der nachfolgende Abschnitt 5.3.2. Als Fassadensystem wird in allen nachfolgenden Untersuchungen eine Pfosten-Riegel-Konstruktion aus Stahl mit vollflächiger Dreifachverglasung berücksichtigt. Die ökologische Bilanzierung erfolgt anhand generischer Daten der ÖKOBAUDAT mit einer durchschnittlichen Lebensdauer von 36 Jahren (vgl. Abschnitt 4.5). Die Realisierungskosten werden mit 750 EUR/m² Fassadenfläche angenommen. Für die Lebensdauer der Gebäude werden zunächst in Übereinstimmung mit den Regeln des BNB 50 Jahre zugrunde gelegt.

5.3.2 Gründung und Untergeschosse

Die Gründung der Referenzgebäude wird für die in Abschnitt 4.6 beschriebenen Grenzfälle mit hoher und geringer Baugrundtragfähigkeit bestimmt. Um den Einfluss der Untergeschosse und Gründungen getrennt betrachten zu können, erfolgte für jedes Gebäude die Ermittlung des Gründungsaufwandes ohne und mit Berücksichtigung der Untergeschosse. Abb. 5.20 zeigt am Beispiel des gering variablen Gebäudes die vereinfachten Regelquerschnitte. Aus den Untersuchungen der Gebäude ohne Untergeschosse kann der direkte Einfluss der Decken- und Stützenkonstruktion auf die Gebäudegründung abgeleitet werden. Neben dem Baustoffbedarf der Einzel- und Streifenfundamente bzw. der Pfahlgründungen wird auch der Baustoffbedarf für

die Bodenplatte in den Untersuchungen berücksichtigt. Für die Gründungen und die Bodenplatten wird Beton mit der Festigkeitsklasse C30/37 eingesetzt.

Bei den Gebäuden mit Untergeschossen werden in den nachfolgenden Vergleichen zusätzlich zu den Gründungskörpern die Decken des 1. und 2. Untergeschosses sowie die Kellerwände und die Bodenplatte berücksichtigt. Abhängig vom Tragsystem der Decken in den Obergeschossen sind dabei in den Untergeschossen verschiedene Deckentypen erforderlich. Im Falle des geringvariablen Referenzgebäudes mit Innenstützen muss die innere Stützenreihe zur Vermeidung aufwendiger Abfangkonstruktionen durch die Untergeschosse bis zur Gründung geführt werden. In Gebäudequerrichtung sind daher drei Deckenfelder mit Trägerspannweiten von circa 5,0 + 7,5 + 3,2 m angeordnet. Dafür werden Flach-

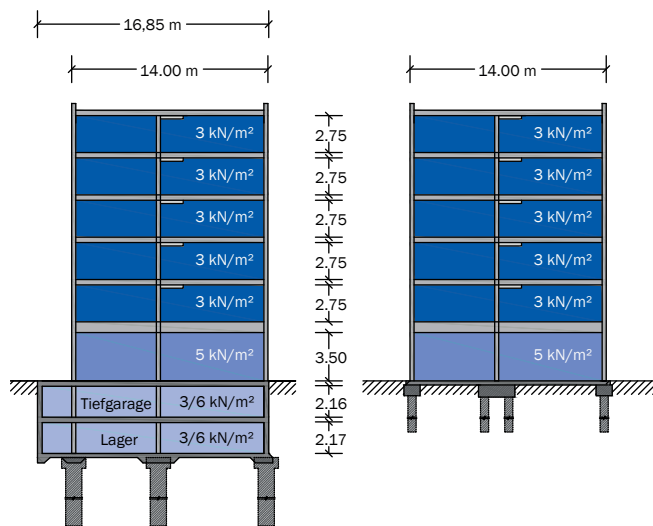


Abb. 5.20: Vereinfachte Darstellung der Regelquerschnitte des gering variablen Referenzgebäudes mit Untergeschossen (links) und ohne Untergeschosse (rechts)

deckenträger 1/2 HEB360 aus S355 mit Additivdecken eingesetzt. Diese erzielen eine geringe Konstruktionshöhe von nur 32,5 cm.

Bei den entwickelten Referenzgebäuden ohne innere Stützenreihe beträgt die Trägerspannweite in den Untergeschossen circa 12,9 + 3,2 m. Daher werden Verbunddecken und Verbundträger im Abstand von 5,4 m eingesetzt. Für die Decke des ersten Untergeschosses können Träger IPE500 aus S355 eingesetzt werden. Für die Decke des 2. Untergeschosses, muss aufgrund der höher angesetzten Nutzlast von 6 kN/m², ein Träger IPE500 aus S460 verwendet werden. Als Beton kann für die Decke des 1. Untergeschosses die Festigkeitsklasse C30/37 eingesetzt werden. Die Decke des 2. Untergeschosses sowie die Bodenplatten sind mit einem Beton der Güte C35/45 auszuführen. Diese Vorgabe ergibt sich

aus der Forderung des Eurocodes EC2-1-1 [5-2] für direkt befahrene Parkdecks mit der Einstufung in die Expositionsklasse XD3.

Die verschiedenen Deckensysteme führen zu geringen Unterschieden in der Höhe der Stützen und Kellerwände. Die Stützen in den Untergeschossen sind für die Vertikallasten aus den Geschossen und für einen möglichen Fahrzeuganprall bemessen. Um kleine Querschnittsabmessungen zu erreichen und dennoch einfache Stahlbauanschlüsse zu ermöglichen, werden kammerbetonierte Walzprofile der Reihen HEB und HEM vorgesehen. Die Kellerwände haben eine Wandstärke von 30 cm. An den Auflagerpunkten der Stahlstützen aus den Obergeschossen werden die Kellerwände durch vorge-setzte Betonstützen mit Abmessungen von 20 x 40 cm verstärkt. Als Festigkeitsklasse wird C30/37 gewählt.

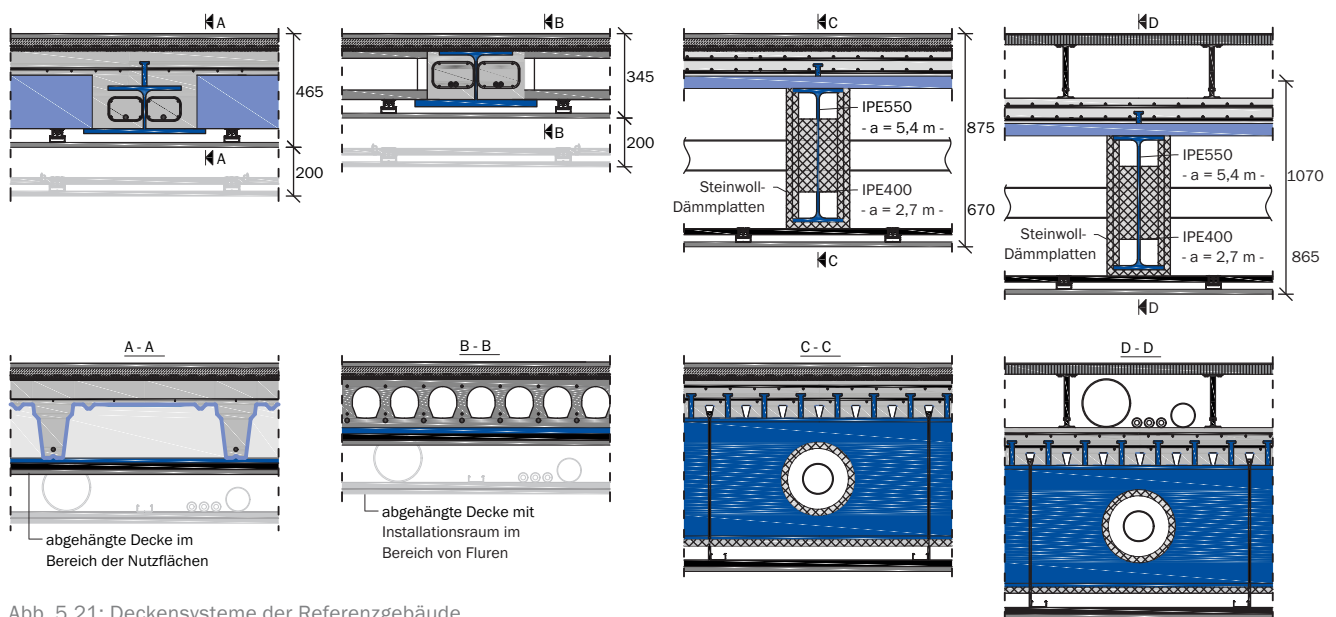


Abb. 5.21: Deckensysteme der Referenzgebäude

5.3.3 Deckensysteme

Die Variabilität eines Gebäudes wird neben der lichten Raumhöhe und dem Nutzlastniveau auch durch die Anpassungsfähigkeit der TGA beeinflusst (vgl. Abschnitt 2.6.1). Diese ist u. a. abhängig vom gewählten Deckensystem. Für die Referenzgebäude sind daher anhand der vorliegenden Strukturen und Variabilitätsgrade geeignete Deckenkonstruktionen zu wählen.

Für das geringvariable Referenzgebäude, mit innerer Stützenreihe und geringen Trägerspannweiten sind Flachdeckensysteme besonders geeignet. Die Gebäudetechnik wird ausschließlich in der Mittelzone angeordnet, sodass eine geringe Konstruktionshöhe erreicht wird. In den nachfolgenden Vergleichen sind deckenintegrierte Träger (IFB) mit Additivdecken (AD) oder Spannbetonhohldielen (SH) berücksichtigt (vgl. Abschnitt 4.3.2). Für Referenzgebäude mit mittlerer und hoher Variabilität werden aufgrund der großen Stützweiten Verbundträger (VT) mit Verbunddecken eingesetzt. Für jeden Variabilitätsgrad werden zwei Systeme mit einem Abstand von 2,7 und 5,4 m betrachtet (vgl. Abschnitt 4.3.1). Die Decken des Referenzgebäudes mit mittlerer Variabilität werden mit einem einfachen Bodenaufbau geplant. Die Höhe der Unterzugträger variiert in Abhängigkeit des Nutzlastniveaus der Geschosse. Bei den Gebäuden mit hoher Variabilität wird ein Doppelboden auf den Verbunddecken angeordnet, um den Installationsraum für die TGA zu erhöhen. Die Decken sind im Ausbauzustand damit höher als beim Gebäude mit mittlerer Variabilität. Die Querschnitte aller verglichenen Deckensysteme sind in Abb. 5.21 dargestellt.

Als Stützen werden in allen oberirdischen Geschossen der Referenzgebäude Walzprofile der Reihen HEB und HEA ohne Kammerbeton berücksichtigt.

5.4 Vergleich der Referenzgebäude

5.4.1 Decken, Stützen und Brandschutz

Abb. 5.22 zeigt den Vergleich des Baustoffbedarfs für Decken und Stützen sowie den daraus resultierenden Primärenergiebedarf und die Realisierungskosten einschließlich der Anteile des Brandschutzes. Für die Stützen aller Systeme, die Verbundträger und die Untergurte der deckenintegrierten Träger wird eine kastenförmige Verkleidung mit Steinwolle-Brandschutzplatten berücksichtigt.

Erwartungsgemäß weisen die Deckensysteme mit Verbundträgern im Abstand von 5,4 m den geringsten Stahlbedarf jedoch den höchsten Beton- und Betonstahlbedarf auf. Die Flachdecken führen zu einem erhöhten Primärenergiebedarf gegenüber den Verbunddecken (vgl. Abschnitt 4.3). Bei den Verbunddeckensystemen zeigt sich nur ein kleiner Einfluss des Trägerrasters und Variabilitätsgrades auf den Primärenergiebedarf. Die Realisierungskosten unterscheiden sich hingegen deutlich. Die Verbunddeckensysteme mit einem Trägerabstand von 2,7 m weisen die höchsten Kosten auf. Dabei ist auch der Kostenanteil des Brandschutzes deutlich höher als bei den übrigen Deckensystemen. Der Primärenergiebedarf des Brandschutzes ist hingegen bei allen Systemen sehr gering.

Obwohl die Gebäude eine deutlich unterschiedliche Stützenanzahl aufweisen (vgl. Abb. 5.7, Abb. 5.12 und Abb. 5.17), liegt der Anteil des Primärenergiebedarfs der Stützen bei allen Referenzgebäuden nahezu konstant zwischen 91 und 112 MJ/m². Ebenso sind die Unterschiede in den Realisierungskosten mit 9,5 bis 10,6 % gering. Bei dem gering variablen Referenzgebäude sind aufgrund der geringen Nutzlasten der Decken und der Verteilung

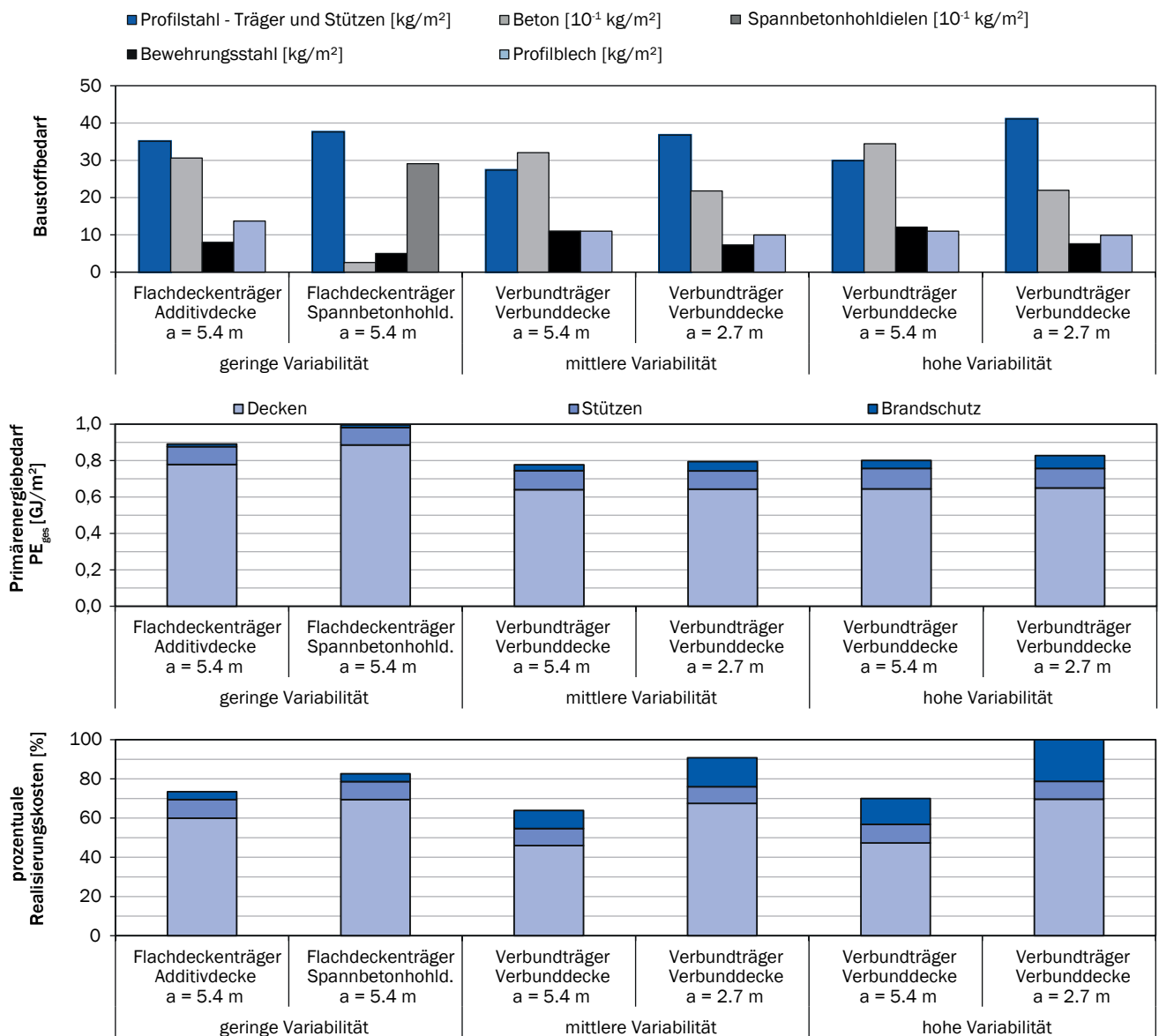


Abb. 5.22: Baustoffbedarf der Decken und Stützen sowie Primärenergiebedarf und prozentuale Realisierungskosten der Decken, Stützen und des Brandschutzes

Variabilität	Deckensystem	Gebäudehöhe [m]	Fassadenfläche (FFI) [m ²]	Flächenverhältnis FFI/BGF _a
gering	IFB + AD; a = 5,4 m	21,3	4050	0,59
	IFB + SH; a = 5,4 m	20,5	3890	0,57
mittel	VT + VD; a = 5,4 m	24,0	4550	0,67
	VT + VD; a = 2,7 m	22,8	4320	0,64
hoch	VT + VD; a = 5,4 m	25,9	4820	0,72
	VT + VD; a = 2,7 m	24,7	4690	0,69

Tab. 5.1: Gebäudehöhe, Fassadenfläche und Flächenfaktor der Fassade zur BGF_a mit 6.800 m²

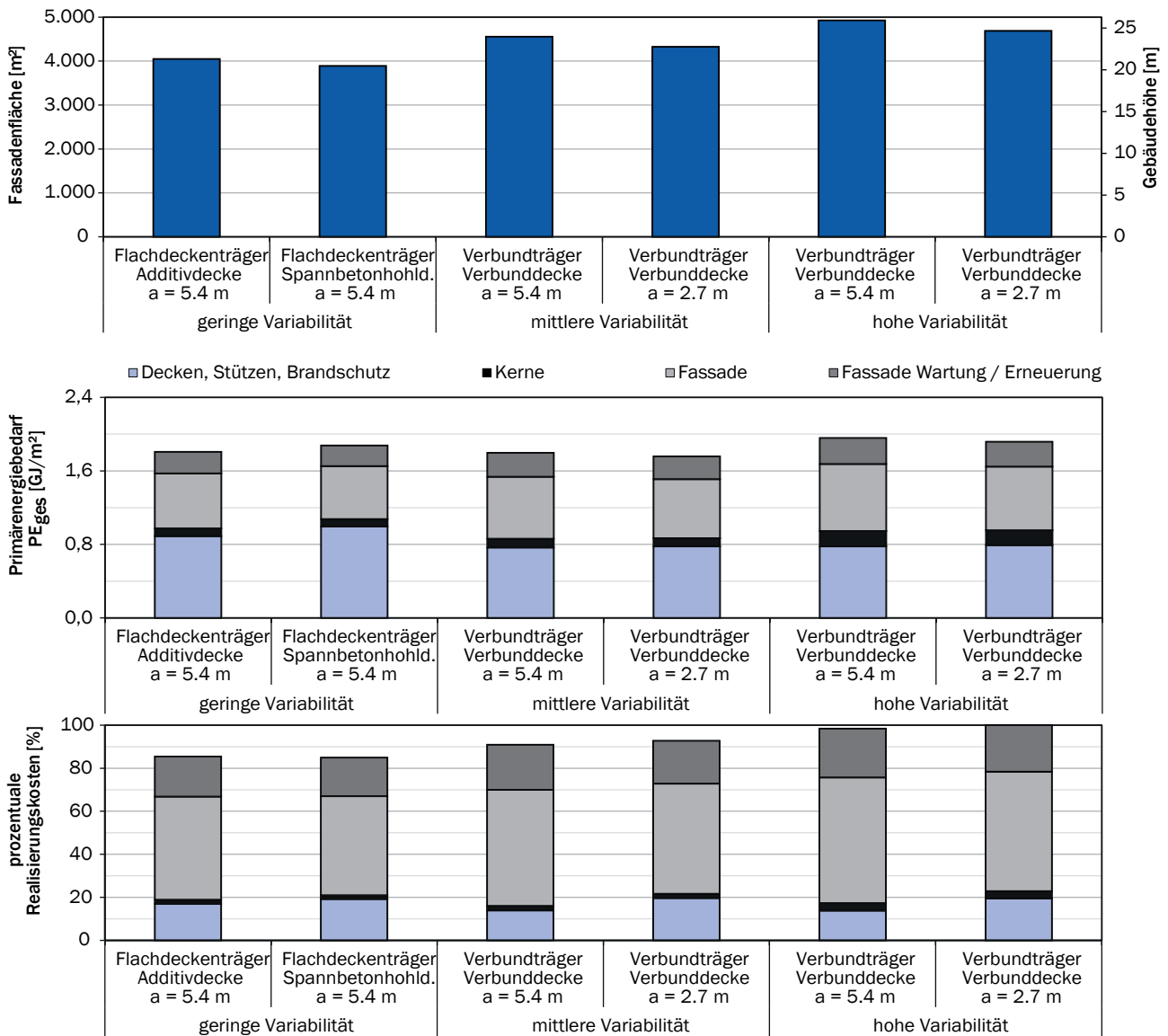


Abb. 5.23: Fassadenfläche und Gebäudehöhe infolge der verschiedenen Deckenhöhen sowie Primärenergiebedarf und prozentuale Realisierungskosten der Gebäude mit vollständig verglasten Pfosten-Riegel-Stahl-Fassade

der Lasten auf drei Stützenreihen wesentlich kleinere Stützenquerschnitte erforderlich als bei den beiden Referenzgebäuden mit mittlerer und hoher Variabilität.

Anhand des Vergleiches der Referenzgebäude mit mittlerer und hoher Variabilität wird deutlich, dass eine Erhöhung der Variabilität die Ökologie und Kosten der Decken, Stützen und des Brandschutzes nicht wesentlich beeinflusst. Vielmehr zeigt sich anhand des Vergleichs zum Gebäude mit geringer Variabilität, dass die Wahl der Tragstruktur und des Deckensystems für die Bilanz des Tragwerkes entscheidend ist.

5.4.2 Fassade

Die Höhen der Referenzgebäude werden sowohl von den verschiedenen lichten Geschosshöhen sowie von den Konstruktionshöhen der Decken und den zusätzlichen Installationsräumen beeinflusst. Die resultierenden Fassadenflächen der jeweiligen Referenzgebäude zeigt Abb. 5.23 oben. Die geringste Fassadenfläche hat das mit Flachdecken und Spannbetonhohldielen geplante, geringvariable Referenzgebäude. Die Gebäudehöhe beträgt circa 20,5 m. Hierfür ergibt sich eine Fassadenfläche von circa 3.890 m². Die größte Gebäudehöhe mit 25,9 m weist das hochvariable Referenzgebäude mit Verbundträgern im Abstand von 5,4 m auf. Die Fassadenfläche beträgt circa 4.920 m². Da die BGfA aller Referenzgebäude mit 6.800 m² (ohne Untergeschosse) identisch ist, steigt mit zunehmender Gebäudehöhe das Flächenverhältnis der Fassade zur BGfA. Gebäudehöhe, Fassadenflächen und Flächenfaktoren der Systeme sind in Tab. 5.1 zusammengefasst.

Die Abb. 5.23 Mitte zeigt den Primärenergiebedarf der Referenzgebäude einschließlich der Fassade, jedoch ohne Gründung. Die hochvariablen Gebäude weisen den größten Primärenergiebedarf auf. Dabei ist ersichtlich, dass der Anteil der Fassade überwiegt. Er beträgt 51 % des Primärenergiebedarfs. Ebenso ist der Anteil der Gebäudekerne mit 8,5 % am höchsten. Dabei wirkt sich neben der Gebäudehöhe auch der dritte Kern aus (vgl. Abb. 5.3). Bei den Referenzgebäuden mit mittlerer Variabilität beträgt der Primärenergieanteil der Fassade ebenfalls 51,5 %. Die Kerne tragen nur 5 % bei. Für die Gebäude ergibt sich der geringste Primärenergiebedarf im Vergleich. Bei den geringvariablen Gebäuden dominiert hingegen der Anteil der Decken und Stützen. Der Anteil der Fassade liegt bei 46 % (AD) und 43 % (SH). Die Kerne tragen 4,5 % bei. Der durch die Flachdecken zunächst verursachte hohe Primärenergiebedarf kann durch die Einsparungen bei den Fassadenflächen deutlich reduziert werden.

Die Realisierungskosten der Pfosten-Riegel-Fassade mit vollflächiger Verglasung liegen um ein vielfaches höher als diejenigen der Decken, Stützen, Gebäudekerne und des Brandschutzes. Daher wirkt sich die Zunahme des Verhältnisses von Fassadenfläche zu BGfA deutlich stärker als bei der ökologischen Bewertung aus. Den entsprechenden Vergleich zeigt Abb. 5.23 unten. Die Referenzgebäude mit geringer Variabilität weisen circa 15 % geringere Kosten auf als die teuerste Systemvariante im Vergleich. Letztere ist das hochvariable Referenzgebäude mit Verbundträgern im Abstand von 2,7 m. Die in Abb. 5.22 unten ausgewiesene Kostendifferenz von 30 % zwischen den Systemen mit engem und weitem Trägerraster tritt hingegen nicht länger auf. Mit Berücksichtigung der Fassade beträgt die Differenz weniger als 2 %. Dies ist auf die größere Konstruktionshöhe der Decken mit weitem

Trägerraster und die damit verbundenen Zunahme der Fassadenfläche zurückzuführen. Der Unterschied zwischen den Referenzgebäuden mit mittlerer und hoher Variabilität liegt bei circa 8 %. Dieser ist hauptsächlich auf die zusätzlichen Doppelböden zurückzuführen. Der Kostenanteil der Kerne liegt bei den Gebäuden mit geringer und mittlerer Variabilität bei circa 2,1 %, bei hoher Variabilität bei 3,5 %. Die Kerne werden dabei ab Geländeoberkante berücksichtigt.

5.4.3 Gründung und Untergeschosse

Abb. 5.24 zeigt die Summe der charakteristischen Nutz- sowie Eigenlasten, einschließlich der Ausbaulasten aller oberirdischen Geschossdecken pro m² Grundfläche. Während die Summe der Nutzlasten mit zunehmender Variabilität steigt, werden die Eigenlasten vor allem durch die Betonmassen der Deckensysteme beeinflusst (vgl. Abb. 5.22). Die geringste Gesamtmasse weist das Referenzgebäude mit mittlerer Variabilität und engem Verbundträgerabstand, gefolgt von dem gering variablen

Referenzgebäude mit Spannbetonhohldielen und Additivdecken auf. Während der Unterschied der Eigen- und Ausbaulasten bei den Flachdeckensystemen gering ist, ergeben sich bei den Unterzugdecken für die Trägerabstände 2,7 m und 5,4 m deutliche Differenzen. Der maximale Unterschied zwischen den Eigen- und Ausbaulasten beträgt 33 %, bezogen auf den Höchstwert der dargestellten Systeme. Das Verhältnis von minimaler zu maximaler Gesamtlast beträgt 77,3 %. Das günstigste Verhältnis von Nutz- zu Eigen- und Ausbaulast beträgt $25,1/23,0=1,09$, das ungünstigste mit 0,58 nur gut die Hälfte davon.

Abb. 5.25 zeigt den Baustoffbedarf der Gründungskörper bei hoch und gering tragfähigem Baugrund (vgl. Abschnitt 5.3.2) für die Referenzgebäude ohne Untergeschosse sowie den daraus resultierenden Primärenergiebedarf und die Realisierungskosten des Tragwerkes. Abb. 5.26 enthält die äquivalente Darstellung für die Referenzgebäude mit Untergeschossen. In beiden Abbildungen ist eine Korrelation zwischen der Gesamtlast der Obergeschosse und dem Baustoffbedarf der Gründungskörper festzustellen. Bei den Referenz-

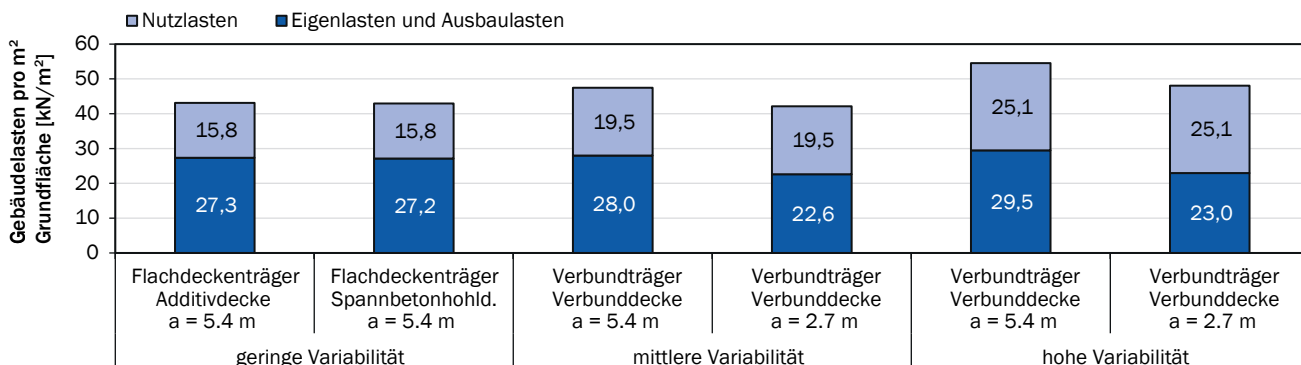


Abb. 5.24: Summe der Nutzlasten, Eigenlasten und Ausbaulasten der Gebäude, die auf die Grundfläche wirken

gebäuden mit Untergeschossen wirkt sich, neben der Gebäudelast, die Konstruktion der Geschossdecken der Untergeschosse geringfügig auf den Baustoffbedarf aus. Die gering variablen Referenzgebäude weisen einen niedrigeren Beton- und Betonstahlbedarf, jedoch einen höheren Profilstahlbedarf gegenüber den Gebäuden mit mittlerer und hoher Variabilität auf.

Der Anteil der Gebäudegründung und der Untergeschosse am Primärenergiebedarf und den Realisierungskosten der Gebäude wird nur geringfügig von den Lasten des Tragwerkes beeinflusst. Die Gründungsart zeigt hingegen einen hohen Einfluss. Bei den Gebäuden ohne Untergeschossen ergibt sich durch die Tiefgründung ein durchschnittlicher Anstieg des Primärenergiebedarfs um 1.340 GJ. Die Realisierungskosten erhöhen sich um 25 %. Bei den Gebäuden mit Untergeschossen beträgt der Anstieg des Primärenergiebedarfs sogar 2.240 GJ. Die Realisierungskosten erhöhen sich hingegen nur um 13 %. Durch diese Untersuchungen wird offenbart, dass die zwei Untergeschosse zu einem deutlichen Anstieg der ökologischen und monetären Aufwendungen eines Gebäudes beitragen. So steigen die Realisierungskosten um 20 bis 30 % und der Primärenergiebedarf um circa 50 %.

5.4.4 Lebensdauer der Gebäude

Die intensive und zugleich dauerhafte Nutzung von Gebäuden steht in enger Beziehung zur Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit. Wie in Abschnitt 2.4 erläutert, erfolgt die Bilanzierung nach BNB und DGNB für einen Zeitraum von 50 Jahren. Die Lebensdauer der Tragkonstruktionen von Geschossbauten liegt weit über diesem Wert. Die wirtschaftliche Lebensdauer von Vermietungsobjekten hängt von der Umnutzungs- und Vermarktungsfähigkeit ab. Durch die Möglichkeit zur An-

passung an sich ändernde Nutzungsanforderungen kann der Zeitraum verlängert werden. Die Beziehung zwischen dem Grad der Variabilität und der wirtschaftlichen Lebensdauer kann nicht in konkreten Zahlen quantifiziert werden, da letztere von vielen, z. T. sehr komplexen Einflüssen, wie den lokalen und regionalen Standortbedingungen, der Konjunktur und Immobiliennachfrage, abhängt. Daher werden die im Folgenden beschriebenen Untersuchungen zum Einfluss der Lebensdauer als hypothetische Fallstudie durchgeführt.

Die Abb. 5.27 bis 5.29 zeigen jeweils den Primärenergiebedarf (oben), den ökologischen Erfüllungsgrad (Mitte) sowie die prozentualen Realisierungskosten (unten) der Referenzgebäude mit Untergeschossen und Flachgründung bezogen auf ein Lebenszyklusjahr. In den jeweils linken Diagrammen sind die Tragwerke der Gebäude ohne den Einfluss der Fassade, in den jeweils rechten Diagrammen, mit Einfluss der Fassade dargestellt. Der ökologische Erfüllungsgrad wird nach dem in Abschnitt 2.4 erläuterten Verfahren bestimmt. Die geringsten ökologischen Auswirkungen innerhalb eines Vergleiches führen dabei zu einem Erfüllungsgrad von 100 %.

In Abb. 5.27 wird bei allen Referenzgebäuden von einer Lebensdauer von 50 Jahren ausgegangen. Für das Tragwerk ohne Fassade (Abb. 5.27, links) wird der höchste ökologische Erfüllungsgrad von 99 und 100 % mit den Referenzgebäuden mittlerer Variabilität erzielt. Dabei führt das Tragwerk mit weitem Verbundträgerabstand zu den vergleichsweise geringsten Realisierungskosten. Die gering- und hochvariablen Gebäude weisen einen um 5 bis 8 % geringeren ökologischen Erfüllungsgrad auf. Unter Berücksichtigung der Fassade (Abb. 5.27, rechts) steigt der ökologische Erfüllungsgrad der gering variablen Referenzgebäude auf 99 und 100 %. Zudem führen sie mit circa 88 % zu den geringsten Realisierungskosten

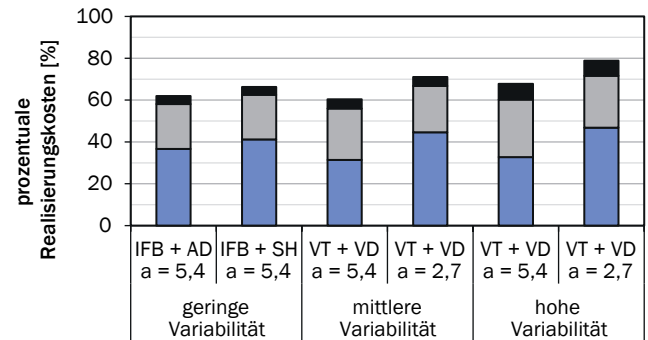
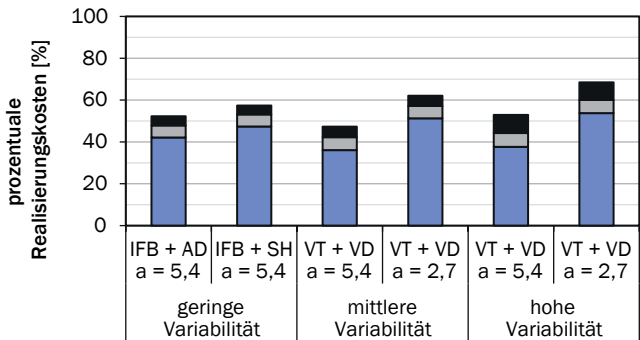
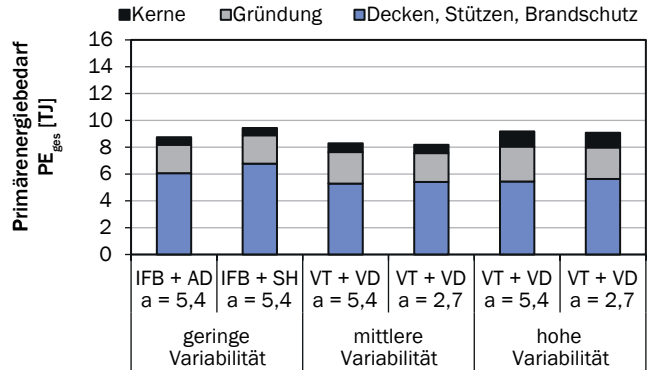
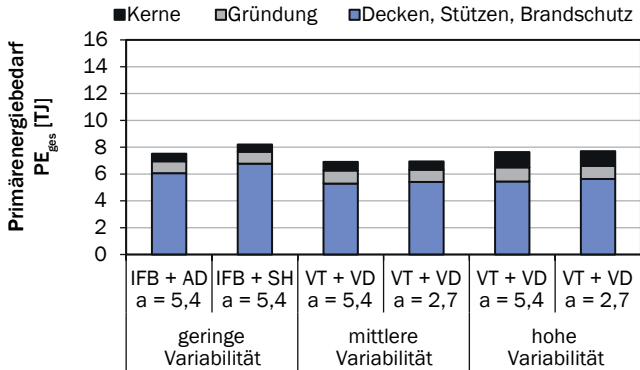
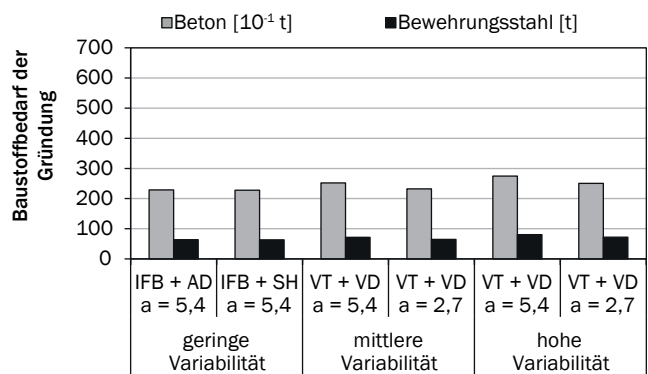
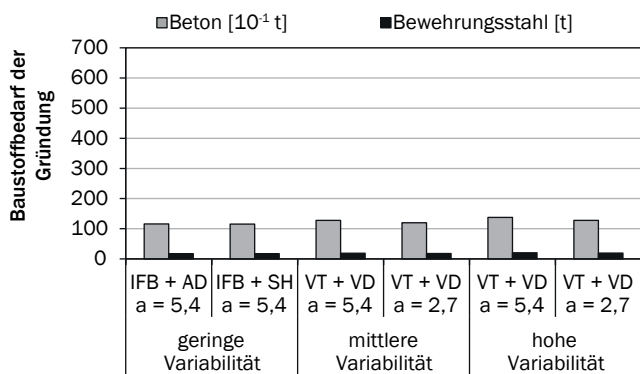


Abb. 5.25: Baustoffbedarf der Gebäudegründungen bei hoch und gering tragfähigem Baugrund sowie Primärenergiebedarf und prozentuale Realisierungskosten der Referenzgebäude

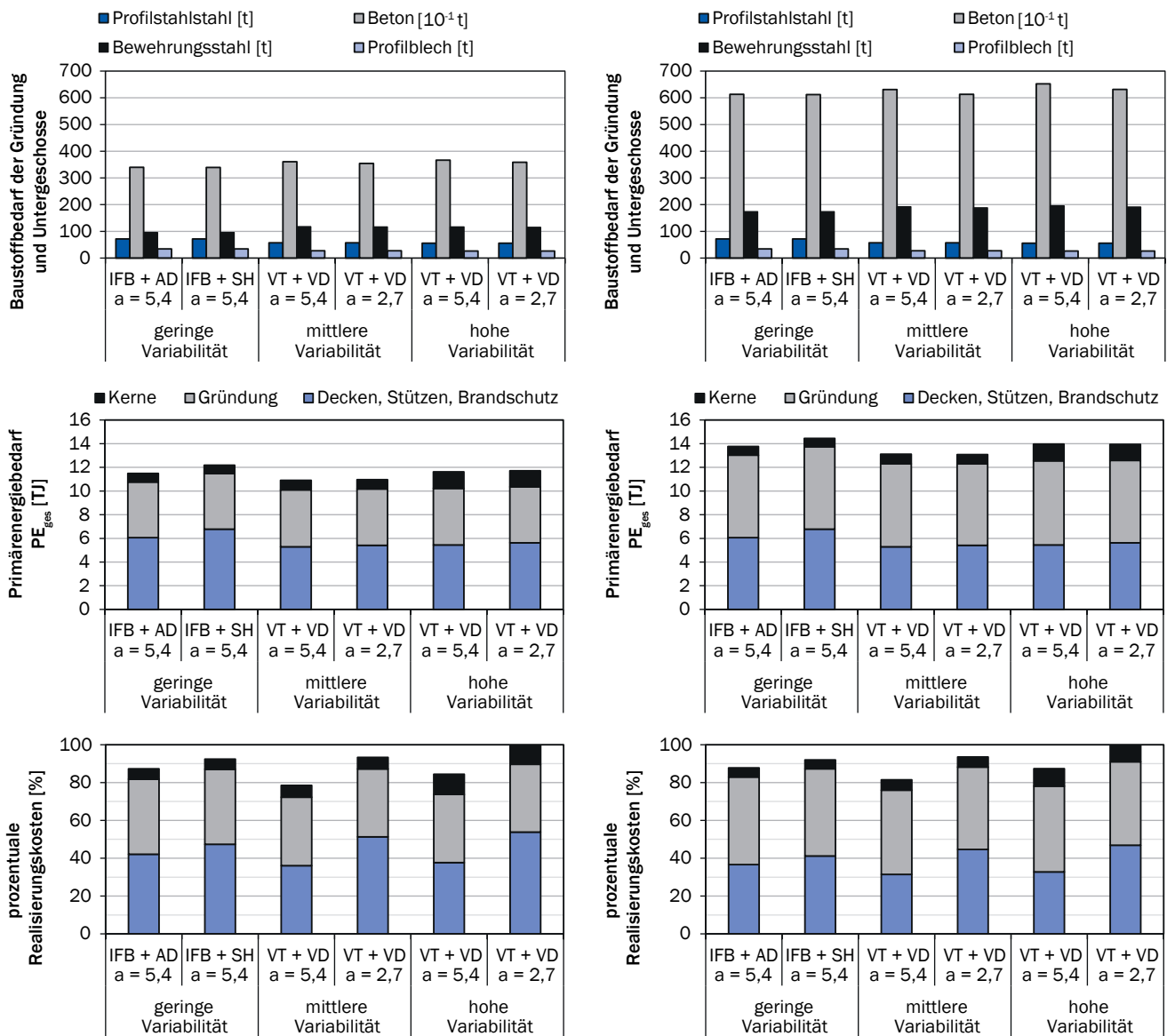


Abb. 5.26: Baustoffbedarf der Gebäudegründungen bei zwei Untergeschossen mit Decken und Stützen in Verbundbauweise bei hoch und gering tragfähigem Baugrund sowie Primärenergiebedarf und prozentuale Realisierungskosten der Referenzgebäude

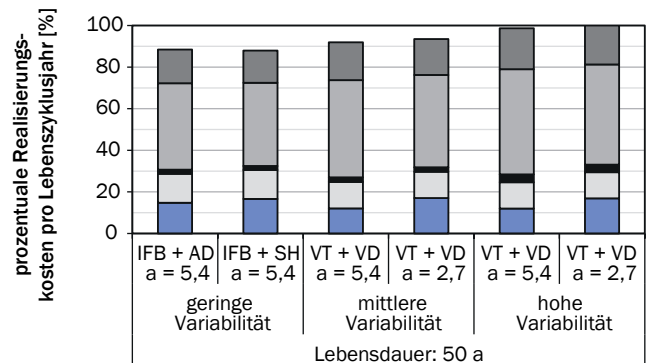
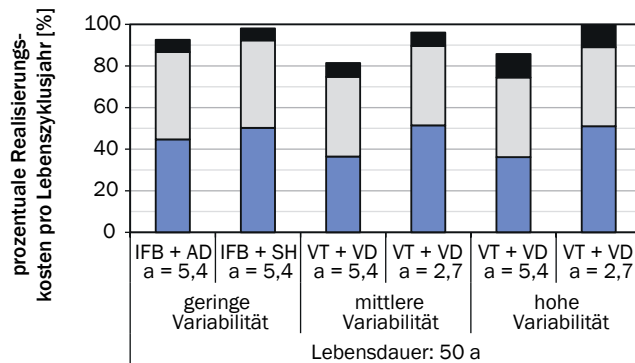
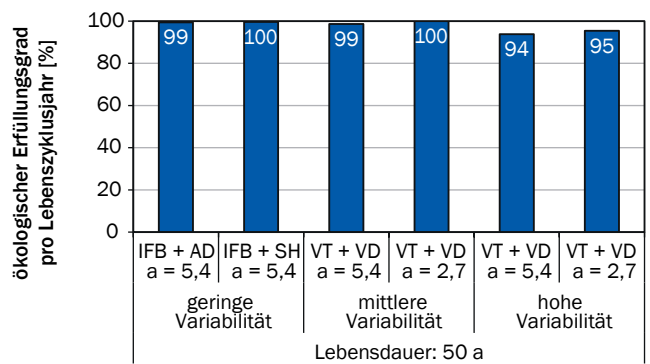
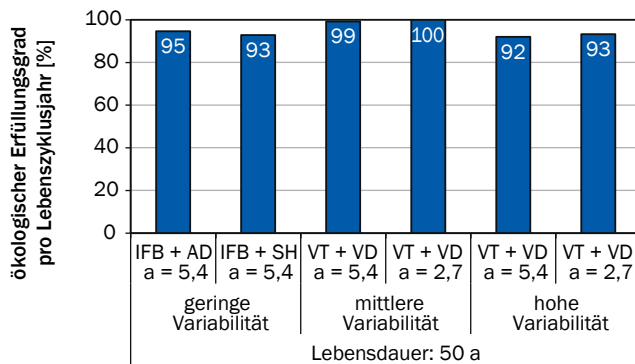
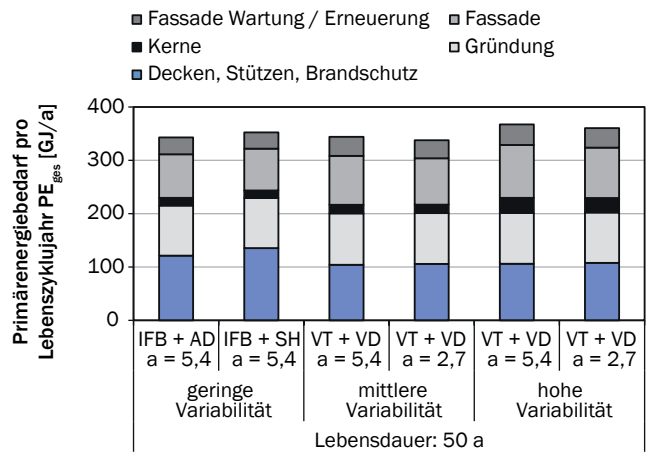
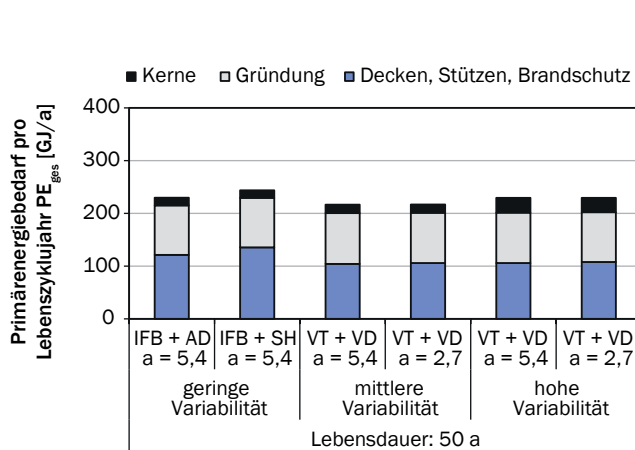


Abb. 5.27: Primärenergiebedarf, ökologischer Erfüllungsgrad und Realisierungskosten pro Lebenszyklusjahr der Referenzgebäude bei einer einheitlichen Lebensdauer von 50 Jahren

im Vergleich. Die hochvariablen Gebäude weisen den geringsten ökologischen Erfüllungsgrad auf. Ebenso führen sie, unabhängig vom Trägerraster der Decken, zu den höchsten Realisierungskosten im Vergleich. Der ökologische Erfüllungsgrad bei der mittleren Variabilität liegt weiterhin bei 99 und 100 %. Die Realisierungskosten betragen im Mittel 92 %.

Der Abb. 5.28 wird zugrunde gelegt, dass infolge einer höheren Variabilität auch die Lebensdauer der Gebäude steigt. Bei geringer Variabilität werden weiterhin 50 Jahre angesetzt. Bei mittlerer Variabilität wird die Lebensdauer hingegen mit 60 Jahren, bei hoher Variabilität mit 70 Jahren angesetzt. Der Vergleich der ökologischen Erfüllungsgrade zeigt, dass bereits die Erhöhungen der Lebensdauer deutliche Veränderungen hervorruft. Obwohl der ökologische Einfluss der Fassadenwartung und Erneuerung mit zunehmender Lebensdauer steigt (Abb. 5.28, oben rechts), erreichen die hochvariablen Referenzgebäude den besten Erfüllungsgrad. Die geringsten Realisierungskosten des Tragwerkes einschließlich der Fassade weisen die Gebäude mit geringer und mittlerer Variabilität auf (Abb. 5.28, unten rechts).

In Abb. 5.29 wird die Lebensdauer der Referenzgebäude mit mittlerer und hoher Variabilität zu 75 und 100 Jahre angenommen. Es ist zu erkennen, dass der Einfluss des Tragwerkes mit zunehmender Lebensdauer an Bedeutung verliert. Ohne die Fassaden erreichen die hoch variablen im Vergleich zu den gering variablen Gebäuden einen um über 50 % höheren ökologischen Erfüllungsgrad. Die bezogenen Realisierungskosten fallen ebenfalls circa 50 % geringer aus. Unter Berücksichtigung der Fassade werden die Differenzen geringer, da der Einfluss der Fassadeninstandhaltung und -erneuerung steigt. Vor allem bei den Realisierungskosten wird dieser Anteil mit zunehmender Lebensdauer dominierend.

Aus dem Vergleich der Szenarien für die möglichen Lebensdauern ist zu erkennen, dass die mittel variablen Referenzgebäude sowohl ökologisch als auch monetär gute Ergebnisse erzielen. Unabhängig von ihrer Lebensdauer beträgt der ökologische Erfüllungsgrad des Tragwerkes einschließlich der Fassade 94 bis 100 %. Die Realisierungskosten weichen bei einer Lebensdauer von 50 Jahren nur 3,5 % von Variante mit den niedrigsten Kosten ab (Abb. 5.27, unten rechts). Für eine Lebensdauer von 60 und 75 Jahren werden im Vergleich sogar die geringsten Kosten erzielt. Dieses Ergebnis zeigt, dass eine Erhöhung der Variabilität bei Tragwerken und Fassadenkonstruktionen selbst bei geringerer Lebensdauer eines Gebäudes nicht mit höheren Kosten verbunden sein muss. Wird eine Verlängerung der Lebensdauer durch die erhöhte Variabilität erreicht, so ergeben sich sowohl ökologische als auch monetäre Vorteile.

Literaturverzeichnis

- [5-1] Mensinger M., Stroetmann R., Eisele J., Feldmann M., Pyschny D., Lang F., Trautmann B., Zink K. J., Baudach T., Fischer K., Lingnau V., Kokot K., Möller H., Huang L., Ritter F., Podgorski C., Scheller J., Faßl T.: Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude in Stahl- und Stahlverbundbauweise. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2016.
- [5-2] DIN EN 1992-1-1 (A1, NA, NA/A1): Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Jan. 2011.

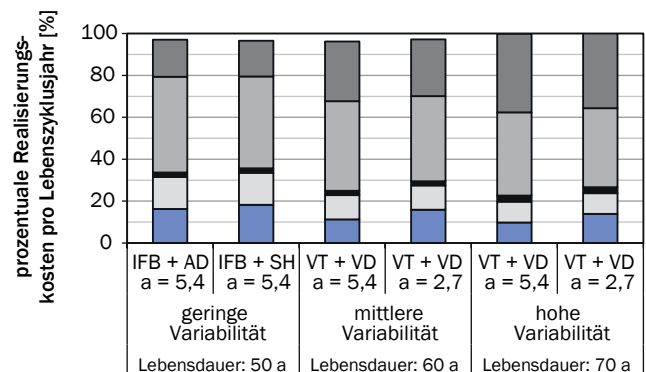
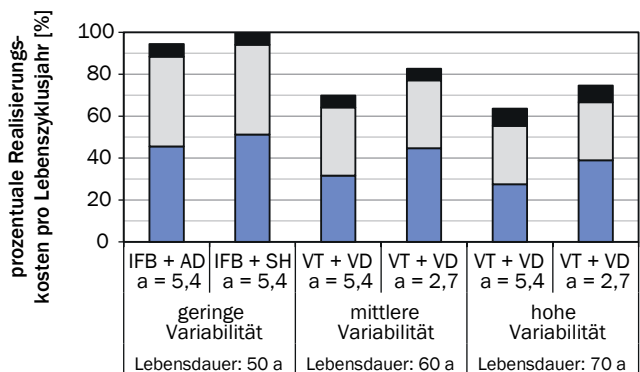
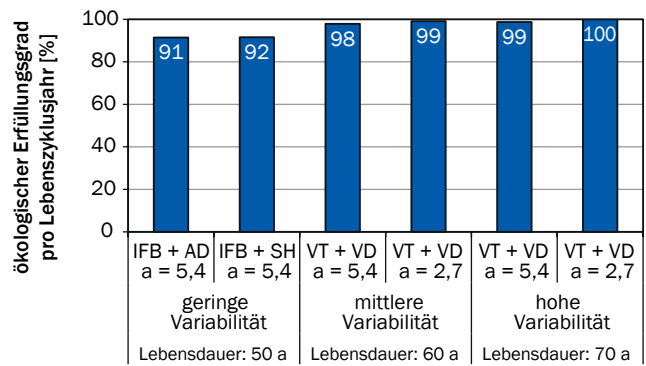
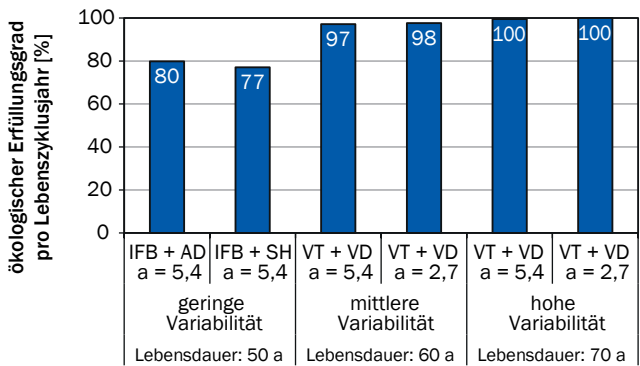
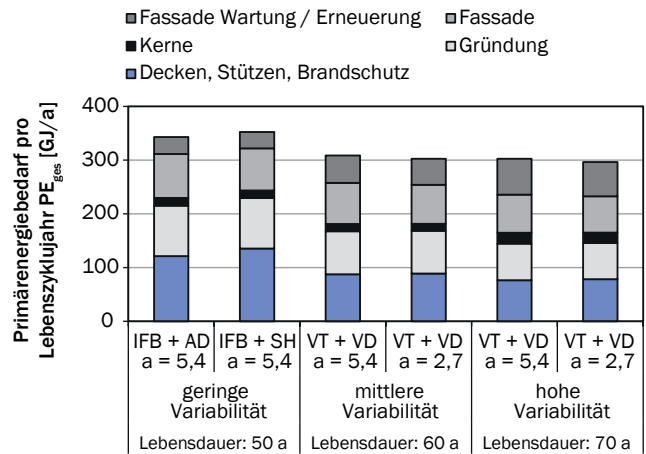
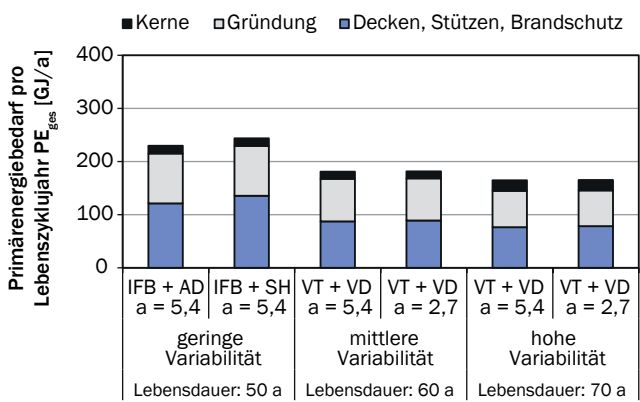


Abb. 5.28: Primärenergie, ökologischer Erfüllungsgrad und prozentuale Realisierungskosten pro Lebenszyklusjahr der Referenzgebäude bei Lebensdauern von 50, 60 und 70 Jahren

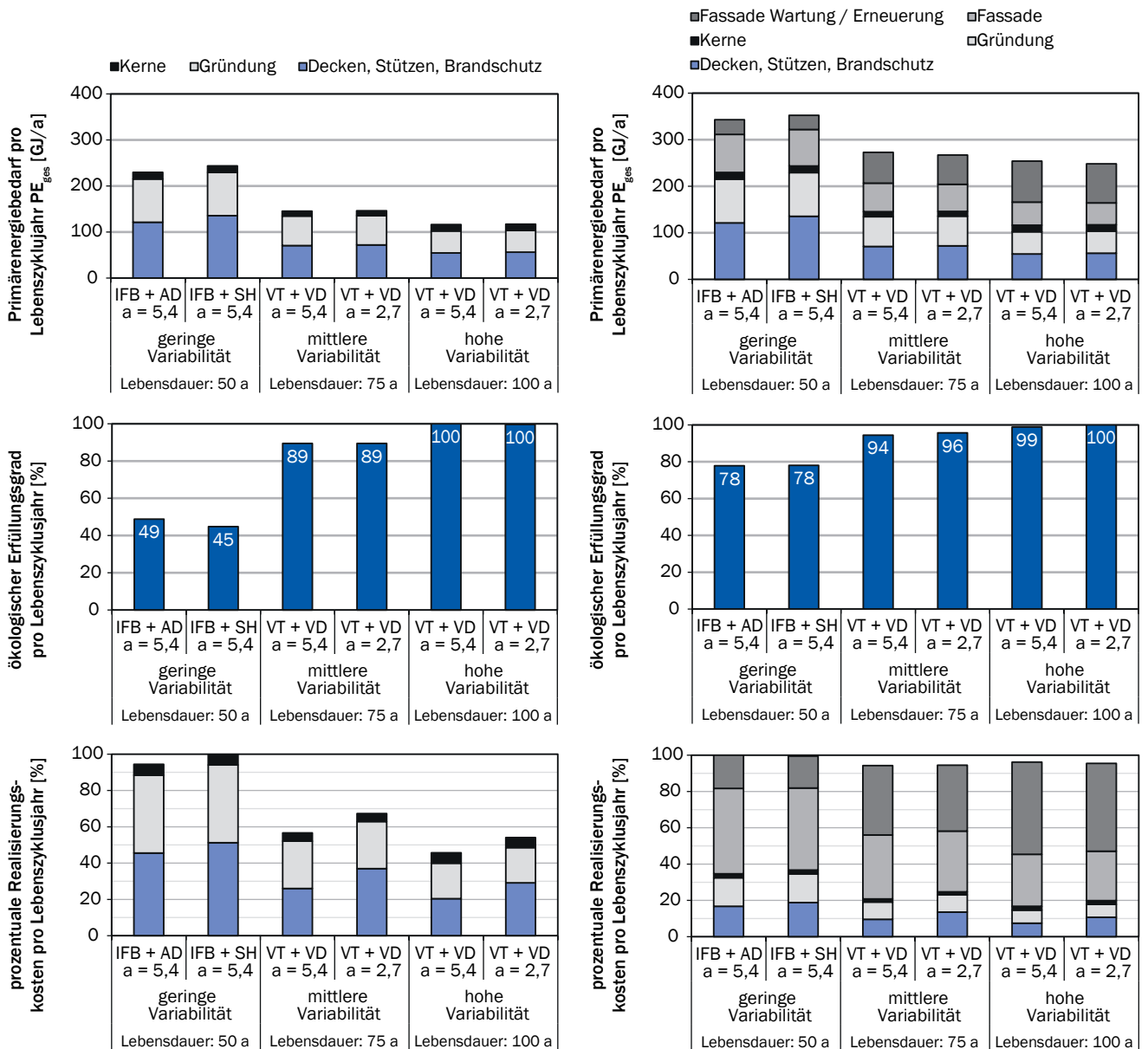
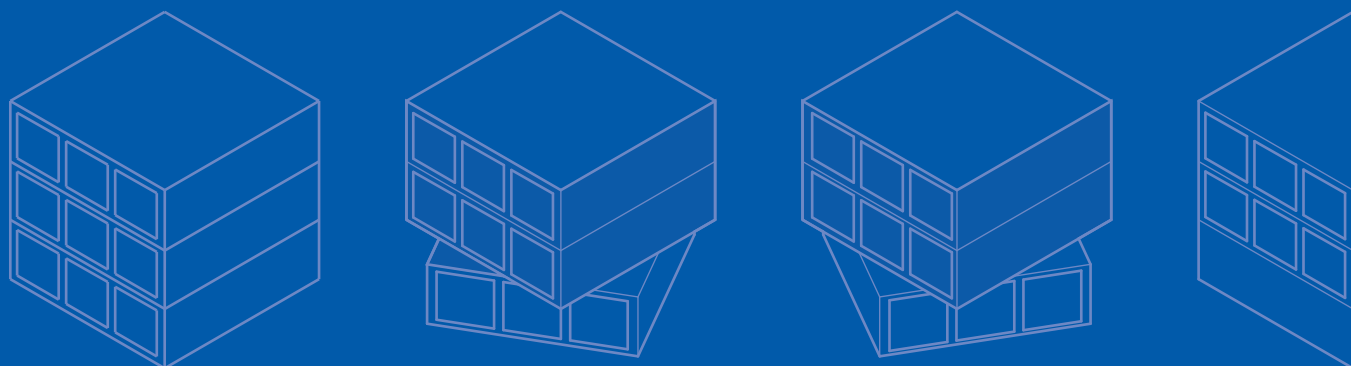


Abb. 5.29: Primärenergie, ökologischer Erfüllungsgrad und prozentuale Realisierungskosten pro Lebenszyklusjahr der Referenzgebäude bei Lebensdauern von 50, 75 und 100 Jahren

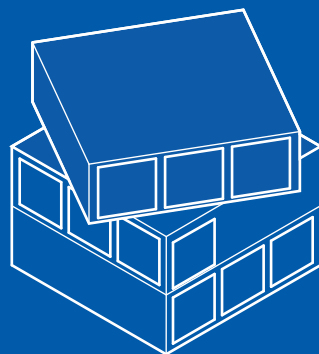


6 Ökonomie

Wirtschaftlichkeitsbewertung variabler Gebäude



Einführung	6.1
Marktanalyse	6.2
Lebenszyklusmodell	6.3
Szenarioanalyse	6.4
Berücksichtigung von Risiken	6.5
Ermittlung der Einflussfaktoren - Kosten	6.6
Ermittlung der Einflussfaktoren - Erlöse	6.7
Beispielrechnung	6.8



Wirtschaftlichkeitsbewertung variabler Gebäude

Jens Otto | Anne Harzdorf | Cornell Weller

Schon in der Planungsphase von Büro- und Geschäftshäusern ist zu entscheiden, ob in ein auf die Erstnutzung beschränktes oder in ein für Folgenutzungen optimiertes und damit zukünftig variabel nutzbares Gebäude investiert wird. Die Entscheidung für ein weniger variables Gebäude birgt das Risiko, dass dieses auf lange Frist gesehen nicht mehr den Anforderungen möglicher Folgenutzer entspricht und somit die Gefahr eines möglichen Leerstands steigt. Das Beispiel des monofunktional geprägten Stadtteils Frankfurt-Niederrad macht deutlich, dass sich Markteinflüsse auf die erzielbaren Erlöse und die Vermietbarkeit von Büroimmobilien auswirken und dadurch die wirtschaftliche Darstellbarkeit des gesamten Projektes gefährdet wird. In diesem Fall ist es nachhaltig, Bürogebäude einer anderen Nutzung (z. B. als Wohngebäude, Hotel oder Studentenwohnheim) zuzuführen. Bedingt durch differenzierte technische, architektonische, baukonstruktive und rechtliche Anforderungen für mögliche Folgenutzungen, sind bei der ursprünglichen Realisierung von Bürogebäuden bereits die höheren Anforderungen zu berücksichtigen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens P1118 [6-57] wurde untersucht, wie sich die Wirtschaftlichkeit von multifunktionalen Büro- und Geschäftshäusern über den Lebenszyklus darstellt. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass eine optimierte Variabilität langfristig zu den höchsten Renditen führt. Es ist daher jedem Investor anzuraten, die Variabilität seiner Gebäudeentwürfe für einen langen Nutzungshorizont anhand qualitativer und quantitativer Aspekte zu überprüfen, zu bewerten und nach Abwägung der spezifischen Risiken zu integrieren.

Neubau von Bürogebäuden als
Stahlkonstruktion im Rohbauzustand
Foto: iStock.com/Linjerry



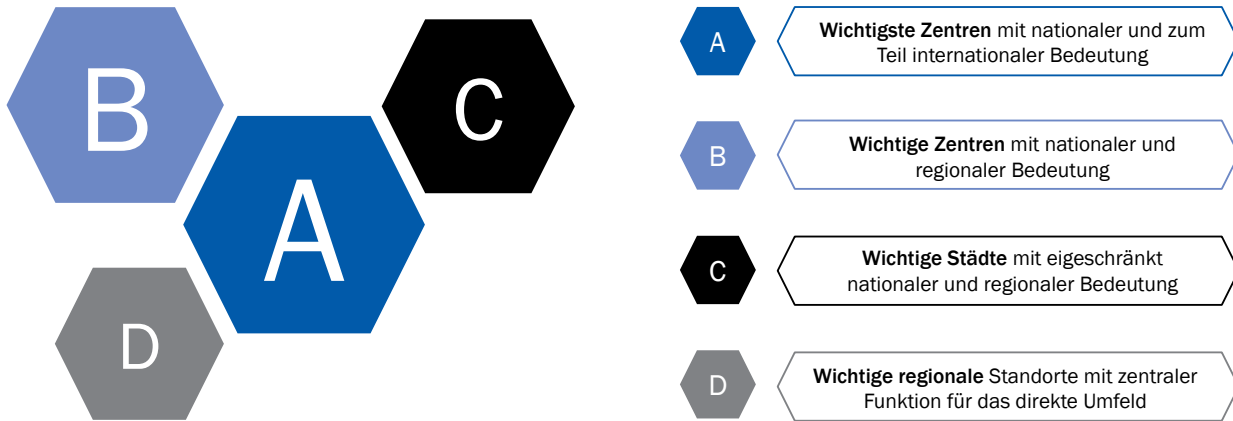


Abb. 6.2: Standortklassifikation nach BulwienGesa [6-54]

6.1 Einführung

Die Nachhaltigkeitsbewertung von multifunktionalen Büro- und Geschäftshäusern ist neben der Beurteilung von funktionalen und planerischen sowie ökologischen und konstruktiven Aspekten auch anhand von ökonomischen Kriterien vorzunehmen. Hierbei steht die Lebenszyklusbetrachtung im Vordergrund. Nur dadurch ist es möglich, gesamtheitliche Aussagen über den monetären Nutzen einer multifunktionalen Gebäudeplanung und -umsetzung zu treffen. Eine alleinige Betrachtung der Mehrkosten in der Realisierungsphase ist dabei nicht ausreichend. Um die Akzeptanz zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen zu erhöhen, sind die ökonomischen Vorteile über den gesamten Lebenszyklus nachzuweisen. Hierzu sind die Lebenszykluskosten und -erlöse unter Berücksichtigung verschiedener Risiken und zukünftiger Nutzungsszenarien zu analysieren. Die nachfolgenden Abschnitte beinhalten dazu die wichtigsten Grundlagen und wenden diese an einem Beispiel an.

6.2 Marktanalyse

6.2.1 Standortklassifikation

Zur Bewertung wirtschaftlicher Eingangsparameter (z. B. Grundstückskosten, Baukosten und Mieterlöse) ist zunächst eine regionale Standortabgrenzung des geplanten Projektes vorzunehmen. Sind keine konkreten Primärdaten verfügbar, sind vorhandene Sekundärdaten anhand eines geeigneten Klassifikationssystems aufzubereiten. Eine am Markt häufig vorzufindende Möglichkeit bietet das Analyseunternehmen BulwienGesa. Das dort verwendete Gliederungssystem unterteilt insgesamt 127 Städte nach ausgewählten funktionalen Kriterien in die Kategorien A, B, C und D (vgl. Abb. 6.2).

Die A-Städte (7 Städte) werden als wichtigste deutsche Zentren definiert. Diese haben in allen Segmenten große, funktionsfähige Märkte, der Büroflächenbestand (BGF) liegt über 7 Mio. m², die Flächenumsätze betragen im langjährigen Mittel über 150.000 m² und die Spitzenmieten liegen im langjährigen Mittel bei mindestens 16 €/m². Die B-Städte (14 Städte) bilden wichtige deutsche Zentren mit Büroflächenbeständen zwischen 2 und 5 Mio. m², Flächenumsätzen in der Regel über 35.000 m² und Spitzenmieten im langfristigen Mittel über 12 €/m². C-Städte (22 Städte) und D-Städte (84 Städte) sind deutlich kleinere Städte, die besonders für das regionale Umfeld von Bedeutung sind (vgl. [6-1] und [6-2]).

6.2.2 Ausgewählte gesamtwirtschaftliche Daten

Wichtige Indikatoren zur langfristigen Beurteilung der wirtschaftlichen Entwicklung stellen der Verbraucherpreisindex (VPI) und der Baupreisindex (BPI) dar. Diese Preisindizes werden unter anderem zur Prognose zukünftiger Entwicklungen von Realisierungs- und Nutzungskosten benötigt. In Abb. 6.3 ist der VPI sowie BPI für Bürogebäude dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Entwicklung der Verbraucherpreise von der Entwicklung der Baupreise abweichen kann. Betrachtet man den dargestellten Zeitraum von 1992 bis 2016 ergibt sich im Durchschnitt ein jährlicher Anstieg der Preise des VPI von 1,73 % und des BPI von 1,86 %. Diese Steigerungsraten sind über den angegebenen langen Betrachtungszeitraum annähernd gleich. Führt man diese Analyse allerdings für einen kurzfristigeren Zeitraum von 10 Jahren durch (2006 bis 2016), beträgt die jährliche Steigerungsrate des VPI nur 1,30 % und des BPI Büro 2,50 %

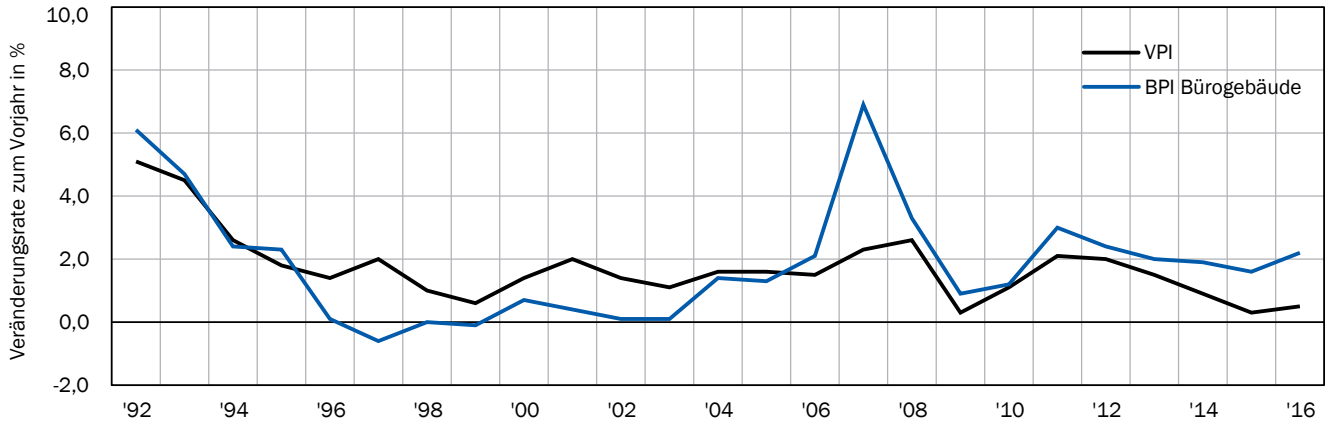


Abb. 6.3: Entwicklung des VPI und BPI Bürogebäude in Deutschland [6-55]

Die Preisentwicklung am Immobilienmarkt ist ebenfalls ein wichtiges Kriterium für den langfristigen Erfolg einer Immobilieninvestition. Als Indikator und Beurteilungsmaßstab kann der Immobilienindex herangezogen werden. Dieser dient beispielsweise der Prognose für zukünftig erzielbare Mieterlöse. In Deutschland existiert eine Vielzahl an Anbietern von Immobilienindizes (z. B. Verband deutscher Pfandbriefbanken, Institut der deutschen Wirtschaft, Jones Lang LaSalle, BulwienGesa etc.). Dies begründet sich mit der schwierigen Beschaffbarkeit der Basisdaten. In Abb. 6.4 ist beispielhaft der BulwienGesa-Immobilienindex dargestellt. Die Darstellung unterteilt in den Immobilienindex Gesamt, Wohnen und Gewerbe. Die Ermittlung dieses Index erfolgt transaktionsbasiert. Bei Betrachtung der letzten 10 Jahre (2006 bis 2016) ergibt sich eine Steigerungsrate für den Bereich Gewerbe von 1,9 % und für den Bereich Wohnen von 3,39 %.

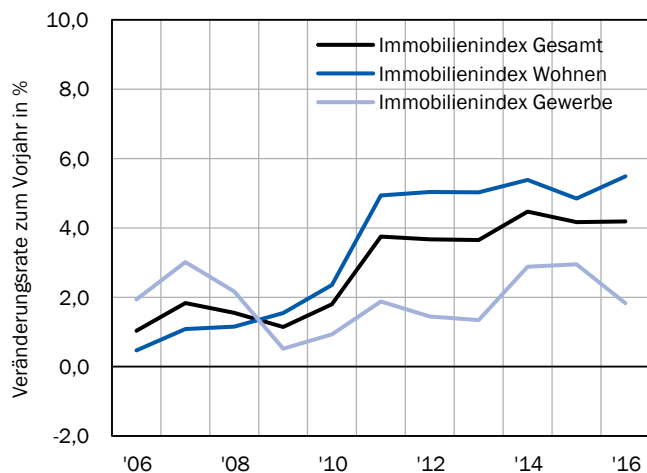


Abb. 6.4: BulwienGesa-Immobilienindex [6-3]

6.2.3 Ausgewählte marktwirtschaftliche Daten

6.2.3.1 Büroimmobilien

Bürogebäude prägen das Bild unserer Städte und spielen nach den Wohngebäuden die zweitwichtigste Rolle im deutschen Immobilienmarkt [6-4]. Inwieweit auch zukünftig Flächen für Bürotätigkeiten nachgefragt werden, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dynamische Marktentwicklungen und tendenziell gesättigte Märkte führen jedoch schon heute dazu, dass Gebäude nachgefragt werden, die in immer kürzeren Zyklen unterschiedlichen Nutzeranforderungen entsprechen müssen [6-5]. Geht man von den Berechnungen des Statistischen Bundesamts aus, so wird auf langfristige Sicht die Zahl der Erwerbstätigen bis 2060 von 49,8 Mio. auf 38,7 Mio. sinken. Dies bedeutet gleichzeitig, dass auch die Zahl der Bürobeschäftigten und somit die Nachfrage nach entsprechenden Flächen bis 2060 sinkt [6-6]. Somit sind mögliche Folgenutzen im Rahmen der Lebenszyklusbetrachtungen und damit der Gebäudeplanung zu berücksichtigen. Mögliche Nutzungsvarianten werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

6.2.3.2 Wohnimmobilien

Wohnimmobilien werden für Wohnzwecke genutzt und unterscheiden sich aufgrund verschiedener Eigenschaften voneinander (z. B. Größe, Haushaltsanzahl, Ausstattung, etc.) [6-7]. Durch die Heterogenität der Wohnimmobilien und die regionalen Besonderheiten des Wohnimmobilienmarktes existieren in Deutschland viele Teilmärkte. Die Entwicklung dieser Teilmärkte stellt sich dabei oftmals gegenläufig dar. Dies ist mit der Wanderungsbewegung infolge differenzierter wirtschaftlicher Entwicklungen der Regionen zu begründen [6-5].

6.2.3.3 Hotelimmobilien

Zu dieser Immobilienkategorie gehören Gebäude, die der Beherbergung dienen. In der Regel findet der Begriff „Hotel“ erst dann Anwendung, wenn mindestens 20 Gästezimmer und komplette Sanitäreinrichtungen vorhanden sind.

Insgesamt können Hotelimmobilien nach verschiedenen Kriterien eingeteilt werden. Zu nennen sind beispielsweise Betriebsart, Standorttyp, Ausstattung, Leistung oder Umsatzgröße [6-4]. In Abb. 6.5 sind die Anteile der Hotelklassifizierungen durch den deutschen Hotel- und Gaststättenverband (DEHOGA) dargestellt. Es wird zwischen fünf verschiedenen Sternekategorien unterschieden. Der Anteil der 3-Sterne und 4-Sterne Hotels nimmt mit insgesamt 92 % den größten Anteil ein. Insgesamt hängt die Entwicklung von Hotelstandorten jedoch stark von der regionalen Wirtschaft und der Ausprägung des Tourismus ab.

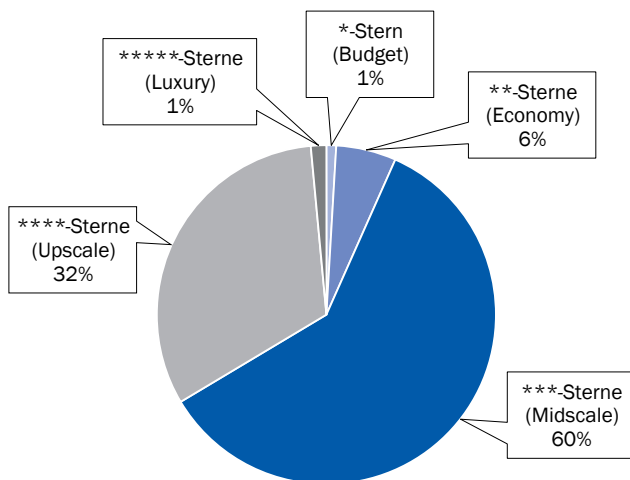


Abb. 6.5: Anteile der DEHOGA-klassifizierten Hotels in Deutschland [6-8]

6.2.3.4 Einzelhandelsimmobilien

Einzelhandelsimmobilien sind Gebäude, die Verkaufsflächen für den Endverbraucher beherbergen [6-7]. Die Teilmärkte werden regelmäßig nach der Größe (z. B. kleinteilige Handelsflächen wie klassische Läden oder großteilige Handelsflächen wie Einkaufszentren) und dem Standort unterschieden [6-4]. Die Struktur und Entwicklung von Einzelhandelsstandorten wird durch das Kaufverhalten und die Nachfrage der Konsumenten bestimmt. Voraussetzung bilden die Vorgaben der Politik und Verwaltung in Form von stadtplanerischen und generellen gesetzlichen Rahmenbedingungen. Ebenso ist die Entwicklung von nachgefragten Einzelhandelsflächen von den wirtschaftlichen Potenzialen der jeweiligen Region abhängig. Diese Einflussgrößen bilden für Unternehmen die Voraussetzung, eine standortspezifische Betriebsform und eine geeignete Wettbewerbsstrategie zu entwickeln [6-9].

6.2.4 Fazit

Es ist festzustellen, dass eine Immobilie heutzutage nicht mehr prinzipiell eine dauerhafte Wertstabilität und Wertsteigerung mit sich bringt. Immobilien müssen in immer kürzeren Abständen wechselnden Anforderungen verschiedener Nutzergruppen entsprechen. Eine zukünftige Herausforderung besteht somit darin, kurzfristig wechselnde Nutzeranforderungen mithilfe von variablen Gebäudestrukturen zu realisieren und den ökonomischen Mehrwert aufzuzeigen. Die Variabilität und Multifunktionalität von Büro- und Geschäftsgebäuden, insbesondere in innerstädtischen Lagen, wird dabei zunehmend an Bedeutung gewinnen.

6.3 Lebenszyklusmodell

6.3.1 Grundlagen

Der Lebenszyklus von Immobilien ist im Vergleich zu anderen Wirtschaftsgütern relativ lang. Sowohl aus volkswirtschaftlicher als auch betriebswirtschaftlicher Sicht besteht daher die Notwendigkeit, Gebäude nicht nur anhand der Realisierungskosten zu beurteilen, sondern über den gesamten Lebenszyklus zu betrachten [6-10].

6.3.2 Lebenszyklusphasen

Grundsätzlich kann der Lebenszyklus von Gebäuden in drei übergeordnete Phasen eingeteilt werden [6-11]:

- Entstehung,
- Nutzung und
- Verwertung.

Die Phase der Entstehung umfasst die Konzeption, Planung und Realisierung eines Bauprojektes. Die Nutzungsphase umfasst die Nutzung, Instandhaltung, Instandsetzung, Modernisierung und Nutzungsänderung. Die Verwertungsphase umfasst den Rückbau.

6.3.3 Geeigneter Betrachtungszeitraum

Zum Vergleich verschiedener Projektalternativen ist es erforderlich, einen einheitlichen Betrachtungszeitraum festzulegen. Dieser ist nach Möglichkeit so zu wählen, dass ein großer Anteil der Nutzungsdauer erfasst wird. Es ist zu beachten, dass sich Zins- und Zinseszinsseffekte bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in einem Zeitraum von über 30 Jahren sehr stark auswirken, jedoch auch

mit hohen Prognoseunsicherheiten verbunden sind. Letztgenanntes gilt auch für weitere Annahmen, beispielsweise für die zukünftigen Nutzungskosten und Erlöse. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass sich die technischen Möglichkeiten und Anforderungen der zukünftigen Nutzer limitierend auf die Ausdehnung des Betrachtungszeitraums auswirken. [6-12]

6.3.4 Investitionsrechenverfahren

Die Ansätze der allgemeinen Investitionstheorie können generell nach „klassischen“ und „modernen“ Methoden differenziert werden. Diese unterscheiden sich in Rechenmethodik, Aufwand und Aussagefähigkeit. In Tab. 6.1 sind die verschiedenen Verfahren dargestellt.

Die „klassischen“ Verfahren werden auf Basis einer formelorientierten Berechnung durchgeführt und unterteilen sich in statische und dynamische Verfahren. Die statischen Verfahren vernachlässigen eine Diskontierung und die zeitliche Abfolge von Zahlungen. Die dynamischen Verfahren basieren hingegen auf der mehrperiodischen Betrachtungsweise. Die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungen werden mithilfe der Ab- oder Aufzinsung auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt normiert [6-14].

„Klassische“ Verfahren		„Moderne“ Verfahren
Statische Methoden	Dynamische Methoden	VoFi-Kennzahlen
Kostenvergleich	Kapitalwert	Vermögensendwert
Gewinnvergleich	Annuitäten	Entnahme
Rentabilität	Interner Zinsfuß	Rentabilität
Amortisation	Payoff	Amortisation

Tab. 6.1: Verfahren der Investitionsrechnung [6-13]

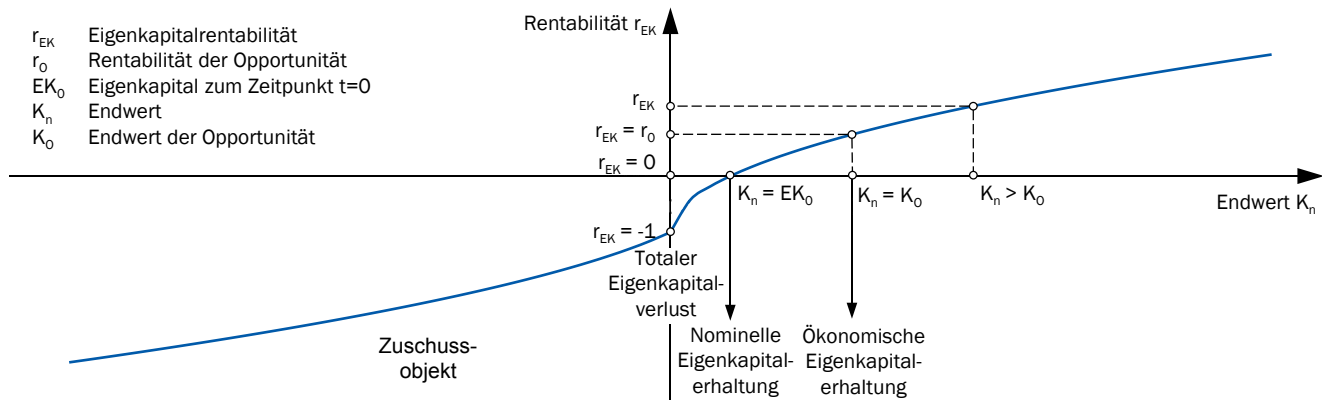


Abb. 6.6: Schematischer Funktionsverlauf der Eigenkapitalrentabilität in Abhängigkeit vom Endwert K_n [6-56]

Zur Beurteilung von Immobilieninvestitionen eignen sich die klassischen Verfahren nur bedingt, da die getroffenen Annahmen zum Teil intransparent und unrealistisch sind. Die „modernen“ Verfahren basieren auf den sogenannten Vollständigen Finanzplänen (VoFi) und unterscheiden sich im Vergleich zu den klassischen Verfahren insofern, dass alle mit der Investition verbundenen Zahlungsflüsse direkt und verursachungsgerecht sowie unter Beachtung von Zinseffekten abgebildet werden können. Dadurch ist es möglich, verschiedene Bedingungen bezüglich der Finanzmittelaufnahme und -anlage transparent darzustellen [6-13].

Zur nachvollziehbaren Abbildung aller Zahlungsströme sind die Investitionsrechenverfahren mithilfe der genannten VoFi-Kennzahlen zu bevorzugen. Dabei bietet sich zur Beurteilung verschiedener Investitionsalternativen die VoFi-Eigenkapitalrentabilität an, da mithilfe dieser Kennzahl die individuelle Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer Investition aus Investorensicht vorgenommen werden kann. Die VoFi-Eigenkapitalrentabilität gibt an, bei welchem Zinssatz das zu Beginn eingebrachte Eigenkapital (EK_0) über den festgelegten Betrachtungszeitraum zum Endvermögen (K_n) anwächst. Die Eigenkapitalrentabilität ermittelt sich mithilfe der folgenden Formel [6-15]:

$$r_{EK} = \begin{cases} \sqrt[n]{\frac{K_n}{EK_0}} - 1, & \text{für } K_n \geq 0 \\ \sqrt[n]{1 + \frac{|K_n|}{EK_0}} - 1, & \text{für } K_n < 0 \end{cases}$$

r_{EK} Eigenkapitalrentabilität in %
 K_n Endwert in €
 EK_0 Eigenkapitaleinsatz in €
 n Anlagedauer in Jahren

Formel 6.1: Ermittlung der Eigenkapitalrentabilität r_{EK} [6-15]

Der Funktionsverlauf der Eigenkapitalrentabilität (r_{EK}) in Abhängigkeit des Endwertes (K_n) ist in Abb. 6.6 schematisch dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der totale Eigenkapitalverlust bei einem Endwert von $K_n = 0,00$ € eintritt. Sobald der Endwert im negativen Wertebereich liegt, ist von einem Zuschussobjekt auszugehen. Wird hingegen über den Betrachtungszeitraum ein positiver Endwert erzielt, kommt es im Fall von $K_n = EK_0$ zu einer nominellen Eigenkapitalerhaltung. Bei diesem Szenario wird das Eigenkapital nicht verzinst und entspricht $r_{EK} = 0$ %. Entspricht der Endwert der Investition dem Endwert einer alternativen Anagemöglichkeit ($K_n = K_0$), beispielsweise die Geldanlage in Aktien, so entspricht die Eigenkapitalrentabilität der Rentabilität der Opportunität ($r_{EK} = r_O$). Tritt dieser Fall ein, so wird eine ökonomische Eigenkapitalerhaltung erzielt. Ist der Endwert der Investition höher als der Endwert der alternativen Anagemöglichkeit ($K_n > K_0$), kann das Investitionsvorhaben als vorteilhaft eingestuft werden [6-16].

6.4 Szenarioanalyse

6.4.1 Grundlagen

Zukünftige Marktentwicklungen und mögliche Umnutzungsvarianten ursprünglich geplanter Gebäude können mithilfe eines Wirtschaftlichkeitsmodells nur bedingt abgebildet werden. Daher ist es notwendig, Methoden zur Prognose anzuwenden. Die Szenariotechnik bietet hierzu die Möglichkeit, zukünftige Entwicklungen von relevanten Schlüsselfaktoren mithilfe definierter Zukunftsbilder darzustellen und zu bewerten [6-17].

6.4.2 Allgemeine Anforderungen

Ein Szenario bezeichnet die Zusammenfassung aller relevanten Informationen hinsichtlich einer zukünftigen Entwicklung. Dazu werden sogenannte Annahmebündel entworfen. Diese bilden die Grundlage, um die Auswirkungen auf ein festgelegtes Untersuchungsfeld zu bewerten [6-18].

In der Literatur findet man zur Charakterisierung von Szenarien häufig die Trichterdarstellung. Die seitlichen Begrenzungen des Trichters bilden die Extremszenarien ab (Best Case bzw. Worst Case). Zwischen den Extremszenarien öffnet sich ein Korridor, der eine beliebige Anzahl unterschiedlicher Szenarien beinhalten kann [6-19]. Die individuelle Konstruktion der Szenarien hängt vom jeweiligen Forschungsinteresse ab. So können aus dem Spektrum der Szenarien gezielt Wahrscheinlichkeits-, Extrem- oder Wunschzenarien ausgewählt werden [6-17].

Szenarien können zur Erreichung verschiedener Ziele eingesetzt werden und erfüllen unterschiedliche Funktionen.

Dazu gehören:

- Wissensfunktion,
- Kommunikationsfunktion,
- Zielbildungsfunktion und
- Entscheidungsfindungsfunktion [6-17].

Insgesamt läuft die Szenarientwicklung in mehreren Phasen ab. Im Folgenden ist die Einteilung in insgesamt fünf Phasen dargestellt:

- Phase 1: Szenariofeldbestimmung,
- Phase 2: Schlüsselfaktoridentifikation,
- Phase 3: Schlüsselfaktoranalyse,
- Phase 4: Szenariengenerierung und
- Phase 5: Szenariotransfer.

Die genannten Phasen bilden die Basis, um die Szenarien genau zu definieren und die Wirkung auf das Untersuchungsfeld zu bestimmen.

6.4.3 Umsetzung

Zur Untersuchung der Variabilität von Gebäuden im Rahmen der Lebenszyklusbetrachtung sind verschiedene Umnutzungsszenarien zu entwickeln. Diese müssen sowohl das Ausgangsgebäude als auch die geplanten Folgenutzungen enthalten. Allerdings kann an dieser Stelle keine allgemeingültige Aussage zu Szenarien für die Untersuchung der Variabilität von Gebäuden gestellt werden. Beispielhafte Szenarien sind in Abschnitt 6.7.1 dokumentiert.

6.5 Berücksichtigung von Risiken

6.5.1 Unsicherheiten bei Investitionsentscheidungen

Investitionsentscheidungen werden auf Basis von Wirtschaftlichkeitsberechnungen getroffen. Diese Berechnungen sind zukunftsorientiert und berücksichtigen damit zwangsläufig eine Vielzahl von Annahmen zu allen Eingangsparametern sowie zur Entwicklung der Standort- und Marktsituation. Damit sind nicht nur die grundlegende Entscheidung der Nutzungsart, sondern alle gewählten Ansätze im Investitionsmodell mit Unsicherheiten behaftet. Zum einen sind alle Kosten- und Erlösansätze risikobehaftet und zum anderen steigt die Prognoseunsicherheit für Kosten und Erlöse mit zunehmendem Betrachtungszeitraum [6-16]. Investitionsentscheidungen müssen dennoch vor der Errichtung und der eigentlichen Nutzung getroffen werden und sind damit faktisch nicht mehr revidierbar.

Um Unsicherheiten bei Investitionsentscheidungen analysieren zu können, sind komplexe Zusammenhänge in einem Investitionsmodell vereinfacht darzustellen. Solche Modelle werden nach der Anzahl der Eingangswerte und dem zeitlichen Einfluss unterschieden. In Abb. 6.7 sind die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten dargestellt.

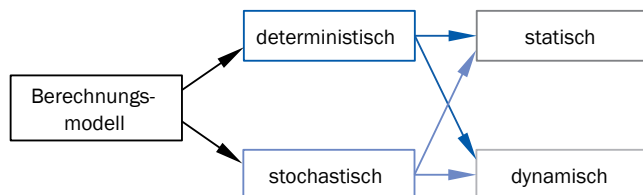


Abb. 6.7: Modellbildung [6-20]

In einer deterministischen Betrachtung wird jeder Eingangsgröße nur ein Wert zugeordnet. In diesen Untersuchungen gelten die Eingangsgrößen und Modellbeziehungen als sicher, wodurch auch sichere Zielgrößen zu erwarten sind. In stochastischen Modellen können jeder Eingangsgröße mehrere Werte zugeordnet werden. Die Wahl der Eingangsgrößenwerte ist zufällig und führt bei jeder Berechnung zu einem anderen Ergebnis. Deshalb werden stochastische Eingangsgrößen durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschrieben, mit denen das Eintreten von bestimmten Werten quantifiziert wird [6-21].

Die Unterscheidung nach statischen und dynamischen Merkmalen berücksichtigt den Zeiteinfluss der Eingangsgrößen im Modell. Während sich bei statischen Modellen die Eingangsgrößen nur auf einen Zeitpunkt oder ein Zeitintervall beziehen, berücksichtigen dynamische Modelle auch die zeitliche Veränderung der Eingangsgrößen zum Zeitpunkt ihres Eintretens sowie die damit zusammenhängenden Zinseffekte.

Für die Lebenszyklusbetrachtung ist ein dynamisches Investitionsrechenmodell dringend anzuraten. Aufgrund der Vielzahl an unsicheren Eingangsgrößen führt lediglich der stochastische Ansatz zu einem belastbaren Ergebnis. Dies gelingt, indem identifizierte Risiken in ihrer Ausprägung analysiert und mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen quantifiziert werden [6-22].

Zur vertiefenden Untersuchung von Unsicherheiten bei Investitionsentscheidungen können verschiedene Verfahren angewendet werden. Dazu zählen das Korrekturverfahren, die Sensitivitätsanalyse und die Risikoanalyse mittels Simulation.

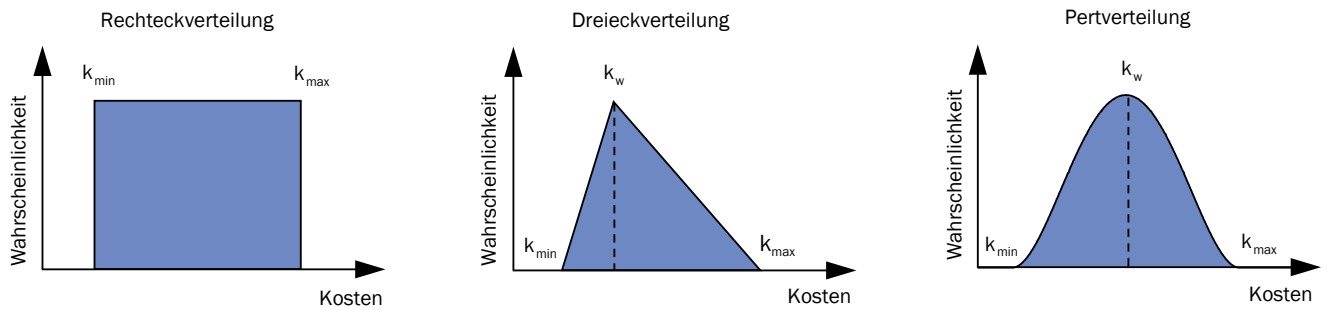


Abb. 6.8: Wahrscheinlichkeitsverteilungen zur Modellierung von Risiken in Investitionsrechnungen

Beim Korrekturverfahren werden alle Eingangsfaktoren der Investitionsrechnung mit Risikozuschlägen oder -abschlägen versehen. Diese subjektiven Beaufschlagungen bilden häufig nur die schlechteste Zukunftslage ab, während positive Erwartungen unberücksichtigt bleiben [6-14]. Das Verfahren ist einfach durchführbar, es gelingt jedoch nicht, identifizierte Unsicherheiten transparent abzubilden. Somit ist dieses Verfahren für eine differenzierte Risikobeurteilung nur bedingt geeignet.

Die Sensitivitätsanalyse ist ein Verfahren, bei dem die Empfindlichkeit ausgewählter Zielgrößen der Investitionsrechnung auf Veränderungen der Eingangsgrößen untersucht wird. Sie zeigt auf, ob einzelne Eingangsgrößen für die Investitionsentscheidung von Bedeutung sind. Allerdings ist die Sensitivitätsanalyse nicht dazu geeignet, Entscheidungsprobleme zu lösen oder Lösungswege zur Bewältigung von Unsicherheiten aufzuzeigen [6-23].

Die Risikoanalyse mittels Simulation erlaubt es, Risiken nicht nur über die Größe des Umfangs der Risikoausprägung (z. B. minimal 10,00 bis maximal 50,00 €) sondern auch in ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit zu berücksichtigen. Bei der Wahl einer geeigneten Verteilungsfunktion zur Modellierung des Risikos für eine Eingangsgröße, ist darauf zu achten, dass die Eintrittswahrscheinlichkeiten im gesamten Bereich der Risikoausprägung wirklichkeitsnah abgebildet werden. Die Wahl einer geeigneten Verteilungsfunktion basiert auf Erfahrungen, statistischen Auswertungen oder Experteneinschätzungen.

Bei stochastischen Experimenten kann eine Vielzahl von Verteilungen verwendet werden. Diese werden in diskrete und stetige Verteilungsfunktionen unterschieden. Während diskrete Verteilungen eine endliche Größe an Zufallsvariablen mit zugehöriger Eintrittswahr-

scheinlichkeit aufweisen, können die Zufallsvariablen bei stetigen Verteilungen jeden Zwischenwert in einem definierten Intervall $[a, b]$ annehmen [6-24]. Damit lassen sich Dichtefunktionen bestimmen, die die Wahrscheinlichkeit angeben, mit der eine stetige Zufallsvariable x einen Wert zwischen festgelegten Intervallgrenzen annimmt ($a \leq x \leq b$) [6-21].

Stetige Verteilungsfunktionen können mit endlichem, einseitig unendlichem oder beidseitig unendlichem Intervall beschrieben werden [6-25]. Für Investitionsrechnungen sind vornehmlich die endlichen Verteilungsfunktionen von Bedeutung, bei denen die Grenzwerte für einen bestimmten Wertebereich festgelegt werden können [6-26]. Als wichtigste sind zu nennen (vgl. Abb. 6.8):

- Rechteckverteilung (auch Gleichverteilung),
- Dreieckverteilung (auch Simpson-Verteilung) und
- Pertverteilung (Sonderform der Beta-Verteilung).

Die Dreieckverteilung wird gewählt, wenn für die risikobehaftete Variable ein unterer Wert (Minimalwert, k_{\min}), ein oberer Wert (Maximalwert, k_{\max}) und ein dazwischenliegender wahrscheinlicher Wert (häufigster Wert, k_w) festgelegt werden kann. Die Dichteverteilung ist in Abhängigkeit vom wahrscheinlichsten Wert linksschief, symmetrisch oder rechtsschief [6-27].

Die Rechteckverteilung wird verwendet, wenn keine Informationen über die Eintrittswahrscheinlichkeit zwischen den Grenzwerten (Minimal- und Maximalwert) vorliegen. Daher sind für diese Verteilung nur die Parameter für den Minimal- und Maximalwert erforderlich.

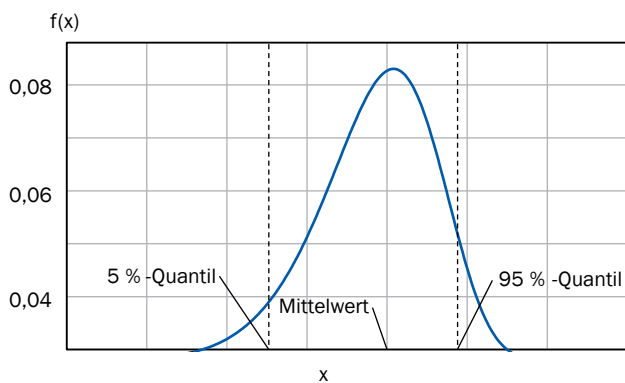


Abb. 6.9: Dichtefunktion

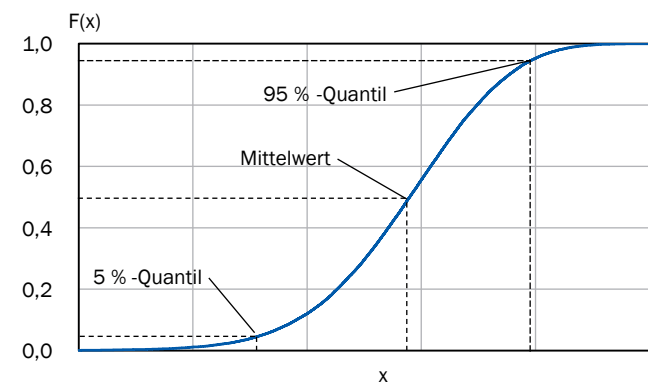


Abb. 6.10: Verteilungsfunktion

Bei der Pertverteilung ist, ebenso wie bei der Dreiecksverteilung, die Abschätzung des Minimalwertes, wahrscheinlichsten Wertes und Maximalwertes notwendig. Die Besonderheit der Pertverteilung ist, dass Werte in der Nähe des wahrscheinlichsten Wertes eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit aufweisen, als bei der Dreiecksverteilung. Damit gehen die Bereiche um die Grenzwerte (Minimal- und Maximalwerte) vergleichsweise geringer in die Berechnung ein [6-28]. Ebenso wie die Dreiecksverteilung können Pertverteilungen linksschief, symmetrisch oder rechtsschief sein.

6.5.2 Simulationstechnik

Das Ziel von Simulationsexperimenten ist es, mit Hilfe von Zufallszahlen eine stabile Wahrscheinlichkeitsverteilung für die zu untersuchende Zielgröße zu ermitteln. Simulationsexperimente mit der Generierung künstlicher Stichproben werden auch als Monte-Carlo-Simulation bezeichnet. Dabei wird aus einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilung durch die Erzeugung einer Zufallszahl ein Stichprobenwert ausgewählt. Im Ergebnis wird ein erster Wert für die Zielgröße berechnet. Nach einer de-

finierten Anzahl von Rechenläufen ergibt sich aus den Einzelwerten eine Verteilung für die Zielgröße. Dabei ist darauf zu achten, dass die Anzahl der Simulationsläufe so groß ist, dass die Gesamtheit der Stichprobenwerte als repräsentativ für die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Eingangsgrößen angenommen werden kann [6-23]. Außerdem ist zu entscheiden, ob die Stichprobenauswahl rein zufällig mit der klassischen Monte-Carlo-Simulation erfolgen soll, oder ob das Latin-Hypercube-Verfahren verwendet wird. Bei diesem Verfahren werden Zufallszahlen gleichmäßig aus einer vorgegebenen Schichtung gezogen werden [6-29]. Die Gesamtverteilung der Zielgröße ist auf Basis aller Projektkriterien zu interpretieren und kann als Entscheidungskriterium für die Investition dienen. Um die Wahrscheinlichkeitsverteilungen mit den beiden Verfahren ähnlich genau abzubilden, ist bei der Monte-Carlo-Simulation eine wesentlich größere Anzahl an Simulationsläufen erforderlich [6-30].

Mit Hilfe von Simulationsprogrammen wie beispielsweise @RISK, Crystal Ball oder Insight.xla, die als Add-On Lösung auf Microsoft Excel aufbauen, können sowohl Monte-Carlo- als auch Latin-Hypercube-Simulationen durchgeführt werden.

Grundlage für die Auswertung der Simulationsexperimente ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung der untersuchten Zielgröße. Die Zielgrößenverteilung lässt sich grafisch als Dichte- oder Verteilungsfunktion darstellen (vgl. Abb. 6.9 und 6.10), anhand derer verschiedene Aussagen abgeleitet werden können.

Aus der Dichtfunktion lässt sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einzelner Ereignisse (x) ableiten. Darüber hinaus sind Bereiche ablesbar, in denen die wesentlichen Ereignisse auftreten (z. B. 90 % der Ereignisse zwischen dem 5 %-Quantil und dem 95 %-Quantil).

Mit der kumulierten Erfassung von Wahrscheinlichkeiten in der Verteilungsfunktion lassen sich Schwellenwerte bestimmen, bei denen die Wahrscheinlichkeit von Ereignisgrößen über- oder unterschritten wird [6-31]. Aus der Darstellung einer Verteilungsfunktion ist für jedes Ereignis ablesbar, mit welcher Gesamtwahrscheinlichkeit ein bestimmter Wert erreicht werden kann.

Wahrscheinlichkeitsverteilungen lassen sich durch verschiedene quantitative Größen beschreiben, wie z. B. Lage, Streuung, Wölbung oder Schiefe. Aus der Lage und Form der Verteilung können Rückschlüsse auf die Höhe und Streuung der Zielgröße gezogen werden. Je flacher beispielsweise der Kurvenverlauf in einer Verteilungsfunktion ist, desto größer ist die Streuung der Zielgröße [6-32]. Aus der Zielgrößenverteilung können außerdem signifikante Kennzahlen abgeleitet werden. Die Wesentlichsten sind Erwartungswert, Median, Modalwert und die verschiedenen Quantile.

Der Erwartungswert beschreibt den Mittelwert einer Verteilung. Er stellt sich bei einer großen Anzahl an Wiederholungen ein und charakterisiert eine Verteilung mit einem einzigen Zahlenwert [6-24].

Der Median entspricht dem 50 %-Quantil der Zielgrößenverteilung. Er wird auch als Zentralwert bezeichnet, da nach Definition 50 % aller Werte einer Verteilung kleiner und 50 % der Werte größer sind als dieser [6-25]. Die Besonderheit beim Median gegenüber dem Erwartungswert ist, dass kein Durchschnitt gebildet wird, so dass Extremwerte keinen Einfluss auf dessen Berechnung haben [6-33].

Der Modalwert, auch als Modus bezeichnet, ist der am häufigsten auftretende Wert einer stetigen Verteilung. Dieser Lageparameter beschreibt den Wert, bei dem eine Dichtefunktion das Maximum annimmt. Dieser ist aber nicht immer eindeutig, da eine Verteilung auch mehrere Modalwerte besitzen kann. Er ist deshalb für statistische Auswertungen nur selten von Bedeutung.

Die Lageparameter der Quantile sind notwendig, um bestimmte Intervalle von Verteilungen zu ermitteln. Mit Quantilen wird ein bestimmter prozentualer Anteil einer Verteilung vom restlichen Teil abgegrenzt. Zur Lokalisierung und Abgrenzung von Extremwerten sowie zum Ausschluss der Minimal- und Maximalwerte wird sehr häufig das 5 %-Quantil und das 95 %-Quantil verwendet (vgl. Abb. 6.9 und 6.10). Beim 5 %-Quantil liegen 5 % der Werte unterhalb und 95 % oberhalb der zugehörigen Häufigkeit. Beim 95 %-Quantil liegen 95 % der Werte unterhalb und 5 % der Werte oberhalb der zugehörigen Häufigkeit.

6.6 Ermittlung der Einflussfaktoren – Kosten

6.6.1 Grundlagen

Kosten im Lebenszyklus von Gebäuden werden in Baukosten (Realisierungskosten, Umbaukosten) und Nutzungskosten unterschieden. Ausgenommen davon sind die Kosten des Baugrundstücks (Erwerbs- und Erschließungskosten) [6-34]. Diese werden ebenso wie Abschreibungen, Darlehen, Steuern, Zinsen und Preissteigerungen den zusätzlichen Eingangsgrößen zugeordnet. Für Finanzierungsüberlegungen und Investitionsentscheidungen sind diese Kostenanteile in den Gesamtausgaben zu berücksichtigen.

Für die ökonomische Bewertung von Gebäuden sind die Bau- und Nutzungskosten strukturiert und detailliert zu ermitteln. Die Genauigkeit und Vollständigkeit der Kostenansätze bestimmt dabei die Fehlertoleranz der Zielgröße. Vorgaben für die Kostengliederung und Kostenermittlung für die Baukosten liefert die DIN 276:2018-12. Für die Nutzungskosten im Hochbau sind Kostengliederung und Kostenermittlung in der DIN 18960:2008-02 geregelt.

6.6.2 Kostengliederung der Baukosten

Für eine detaillierte Kostenuntersuchung sind zur Erfassung aller Einflüsse Kosten detailliert zu gliedern. Dafür werden Baukosten in der DIN 276:2018-12 hierarchisch in acht Hauptkosten unterteilt (vgl. Tab. 6.2). Diese sind in drei Ebenen gegliedert, die je nach Planungsstand in einer der sechs Kostenermittlungsstufen (Kostenrahmen, Kostenschätzung, Kostenberechnung, Kostenvoranschlag, Kostenanschlag und Kostenfeststellung) angesetzt werden.

Mit fortschreitender Planung können Mengen und Qualitäten detaillierter bestimmt und damit Kosten präziser eingeschätzt werden. Dies gelingt allerdings nur, wenn auch die angesetzten Kostenkennwerte realistisch abschätzbar sind. Verlässliche und aktuelle Kennwerte können aus abgeschlossenen Projekten gewonnen werden. Diese Daten sind jedoch gebäudespezifisch und nur aufwendig zu gewinnen. Sind keine dieser Kostendaten verfügbar, eignen sich statistische Kostenkennwerte für die Kostenermittlung.

Diese werden zum Beispiel vom Baukosteninformationszentrum (BKI) [6-35], von SIRADOS [6-36] oder über das Baupreislexikon von f:data zur Verfügung gestellt. Das BKI liefert dabei dezidierte Kostenkennwerte für Neubauten und Umbaumaßnahmen in Altbauten sowie für Nutzungskosten, gegliedert nach den einzelnen Kostengruppen und Gewerken. SIRADOS stellt in Baupreishandbüchern gewerkebezogene Kosten- und Zeitkennwerte für Neubau, Altbau und Gebäudetechnik zur Verfügung. Das Baupreislexikon liefert Orientierungswerte für Baupreise in einer online verfügbaren Datenbank. Die Daten liegen ebenso wie bei BKI und SIRADOS in Preisspannen vor.

DIN 276:2018-12 Kosten im Bauwesen	
Kostengruppe	Bezeichnung
100	Grundstück
200	Vorbereitende Maßnahmen
300	Bauwerk – Baukonstruktionen
400	Bauwerk – Technische Anlagen
500	Außenanlagen und Freiflächen
600	Ausstattung und Kunstwerke
700	Baunebenkosten
800	Finanzierung

Tab. 6.2: Kostengliederung von Kosten im Bauwesen

Kostengruppengliederung nach DIN 276:2018-12			Zusätzl. Gliederungsebene
1. Ebene	2. Ebene	3. Ebene	Leitpositionen
100 Grundstück	310 Baugrube	341 Tragende Innenwände	LP 1 Stahlstütze LP 2 Betonstütze LP 3 Stahlverbundstütze LP 4 Holzstütze
200 Vorbereitende Maßnahmen	320 Gründung, Unterbau	342 Nichttr. Innenwände	
300 Baukonstruktionen	330 Außenwände	343 Innenstützen	
400 Technische Anlagen	340 Innenwände	344 Innenwandöffnungen	
500 Außenanlagen & Freiflächen	350 Decken	345 Innenwandbekleidungen	
600 Ausstattung & Kunstwerke	360 Dächer	346 Element. Innenwandkonstr.	
700 Baunebenkosten	370 Infrastrukturanlagen	347 Lichtschutz zur KG 340	
800 Finanzierung	380 Baukonstr. Einbauten	349 Sonstiges zur KG 340	
	390 Sonst. Maßnahmen		

Tab. 6.4: Auszug der Kostengruppengliederung nach DIN 276:2018-12 mit Leitpositionen

Die Kostenkennwerte des BKI werden aus dem Vergleich abgeschlossener Bauvorhaben in Deutschland ermittelt. Für jeden Kostenkennwert werden ein Mittel-, ein Minimal- und ein Maximalwert sowie ein Streubereich (Standardabweichung) angegeben. Die angegebene Kostenspanne berücksichtigt vielfältige Kosteneinflüsse aus Standort, Nutzung, Bauwerksgeometrie und -qualität sowie Marktgegebenheiten. Bei der Verwendung der BKI-Kennwerte ist darauf zu achten, dass die Daten auf Bundesdurchschnitt normiert sind und mit den tatsächlichen regionalen und spezifischen Projektbedingungen abgeglichen werden. Zur Berücksichtigung des Baustandortes stellt das BKI regionale Anpassungsfaktoren zur Verfügung.

6.6.3 Kostengliederung der Nutzungskosten

Die Nutzungskosten nach DIN 18960:2008-02 teilen sich in insgesamt vier Hauptkostengruppen der ersten Gliederungsebene und werden ebenfalls bis zur dritten Gliederungsebene aufgeteilt. In Tab. 6.3 sind die Kostengruppen der Nutzungskosten der ersten Gliederungsebene dargestellt. Es ist zu erkennen, dass neben den Objektmanagement- (KG 200), Betriebs- (KG 300) und Instandsetzungskosten (KG 400) ebenfalls die Kapitalkosten (KG 100) berücksichtigt werden.

DIN 18960:2008-02 Nutzungskosten im Hochbau	
Kostengruppe	Bezeichnung
100	Kapitalkosten
200	Objektmanagementkosten
300	Betriebskosten
400	Instandsetzungskosten

Tab. 6.3: Kostengliederung der Nutzungskosten im Hochbau

6.6.4 Vorgehensweise zur Kostenermittlung

Das nachfolgend beschriebene Vorgehen zeigt eine mögliche Variante zur spezifischen Kostenermittlung der Bau- und Umbaukosten sowie der Nutzungskosten als Grundlage für die Lebenszyklusbetrachtung. Je nach Planungsstand lassen sich die Bau- und Nutzungskosten in Basiselemente (1. Ebene), Grobelemente (2. Ebene) und Funktionselemente (3. Ebene) gliedern [6-37]. Die Genauigkeit der verwendeten Kennzahlen für die einzelnen Kostengruppen steigt mit zunehmendem Detaillierungsgrad. Die Genauigkeitsanforderungen der 3. Ebene zur Ermittlung von Realisierungs- und Umbaukosten nach DIN 276:2018-12 sind für die Bewertung der Umnutzungsfähigkeit von Gebäuden nicht ausreichend. Deshalb ist die Einführung einer weiteren Gliederungsebene mit Leitpositionen notwendig. In Tab. 6.4 ist die gewählte Gliederungsstruktur der Realisierungs- und Umbaukosten auszugsweise dargestellt.

Die monetäre Bewertung von Realisierungs- und Umbaukosten wird bei unterschiedlichen Gebäudekonstruktionen mit gleichen Infrastrukturbedingungen vornehmlich von den Bauwerkskosten (KG 300 und KG 400) bestimmt. Um die Umnutzungsfähigkeit unterschiedlicher Gebäudekonstruktionen ohne einen signifikanten Einfluss anderer Kostenkennwerte beurteilen zu können, ist es notwendig, die Kostengruppen der Vorbereitenden Maßnahmen (KG 200), Außenanlagen und Freiflächen (KG 500), Ausstattung und Kunstwerke (KG 600) sowie die Baunebenkosten (KG 700) mittels pauschaler Prozentansätze zu integrieren. Die Kosten für das Grundstück (KG 100) und die Finanzierung (KG 800) sind im Wirtschaftlichkeitsmodell separat zu betrachten.

In Hinblick auf die spezifische Ermittlung der Kosten für KG 300 wird festgelegt, dass der Baugrund sowie die individuelle Ausstattung die Bewertung der Bauwerkskosten nicht beeinflussen soll. Deshalb werden diese Kostenkennwerte in der 2. Gliederungsebene der KG 300 über Pauschalen berücksichtigt. Dies betrifft die Kosten der Baugrube (KG 310), der Gründung (KG 320), der baukonstruktiven Einbauten (KG 370) und der sonstigen Baukonstruktionen (KG 390).

Für die anderen gebäudespezifischen Kostenanteile: Außenwände (KG 330), Innenwände (KG 340), Decken (KG 350) und Dächer (KG 360) werden die Mengen und Kostenkennwerte detailliert ermittelt. Die Mengen werden dabei aus den projektspezifischen Gebäudeplänen und die Kostenkennwerte aus Vergleichswerten für Einzelpositionen des BKI bestimmt.

Die Kosten der technischen Anlagen (KG 400) werden in der Realisierungsphase über einen prozentualen Zuschlag auf die Kosten der Baukonstruktionen (KG 300) integriert. In der Umbauphase werden die Kosten für die Umrüstung der technischen Anlagen dezidiert in der 2. Ebene der Kostengliederung (KG 410 bis KG 490) ermittelt. Für die mit der DIN 276:2018-12 neu eingeführte Kostengruppe Finanzierung (KG 800) liegen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrages keine Kennwerte vor. Überdies werden sämtliche Finanzierungskosten zum Zeitpunkt ihres Auftretens ermittelt und in das Kostenmodell integriert. Für die KG 800 werden deshalb keine Kostenkennwerte verwendet.

Neben den Baukosten sind ebenfalls die Nutzungskosten zu ermitteln. Der Nutzungskostenanteil Kapitalkosten (KG 100) mit Fremd- und Eigenkapital, Abschreibungen und Sonstigen Kapitalkosten wird im Investitionsmodell separat berücksichtigt. Die Objektmanagementkosten

(KG 200) mit Personal- und Sachkosten, Fremdleistungen und sonstigen Objektmanagementkosten werden ebenfalls separat über einen pauschalen Ansatz berücksichtigt. Im Investitionsmodell wird dafür eine Projektgesellschaft gegründet, der sämtliche Verwaltungsaufgaben in der Nutzungsphase zugerechnet werden. Die Betriebskosten (KG 300) für Büronutzung und Gewerbe werden aus Vergleichswerten der Oscar-Studie [6-38], und für Wohnen aus dem fm.benchmarking Bericht [6-39] ermittelt. Für die Betriebskosten bei Hotelnutzung stehen keine statistischen Vergleichswerte zur Verfügung. Diese werden über eine pauschale Kostenspanne berücksichtigt. Dieses wurde von einem Fachgremium im Forschungsprojekt P 1118 festgelegt. Die Integration der Instandsetzungskosten (KG 400) entfällt aufgrund der relativ kurzen Nutzungsphase.

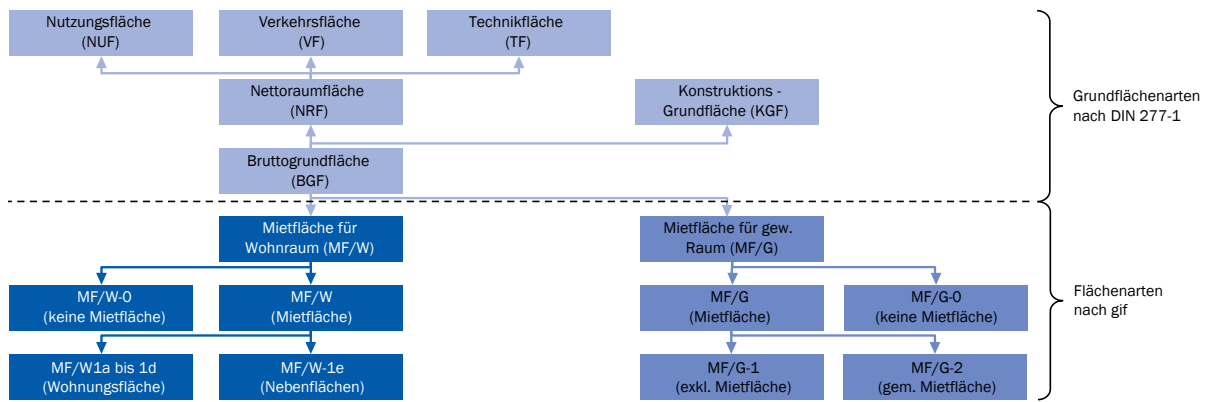


Abb. 6.11: Zusammenhang der Flächendefinition nach DIN 277-1:2016-1 und gif MF/W, MF/G

6.7 Ermittlung der Einflussfaktoren – Erlöse

6.7.1 Grundlagen

Die Vorteilhaftigkeit einer Investition aus Sicht eines Investors erfordert neben der Rückgewinnung der Anschaffungsausgabe und den laufenden Ausgaben eine ausreichende Verzinsung des eingesetzten Eigenkapitals. Dies setzt voraus, dass die Investition zu laufenden Mieteinnahmen und/oder einem Verkaufserlös führt.

Die Höhe der Mieteinnahmen für einzelne Nutzungsarten (z. B. Büro, Wohnen oder Hotel) ist abhängig von den örtlichen Marktbedingungen und kann zwischen den Vertragsparteien in den Grenzen des § 5 Wirtschaftsstrafgesetz (WiStG) frei vereinbart werden. Zur Orientierung über das regionale Mietpreisniveau kann für die Wohnnutzung auf örtliche Mietspiegel und für die gewerbliche Nutzung auf die Erhebung von Maklern und Gutachtern zurückgegriffen werden [6-34].

Die Höhe der Verkaufserlöse orientiert sich ebenfalls am Preisniveau der regionalen Teilmärkte. Neben den erzielbaren Baulandpreisen für das betreffende Baugrundstück ist im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung am Ende des Betrachtungszeitraums ein Restwert für das Gebäude anzusetzen.

6.7.2 Flächendefinition für die Erlösbestimmung

Für die Bestimmung der erzielbaren Mieterlöse ist die Definition der zugehörigen Bezugsflächen erforderlich. Die DIN 277-1:2016-01 bildet die Grundlage für die Flächendefinition von Grundflächen und Rauminhalten zur Kostenermittlung von Gebäuden. Allerdings werden in dieser Norm keine Mietflächen definiert.

Eine gesetzlich verbindliche Definition für Mietflächen existiert nur für den öffentlich geförderten Wohnraum auf Basis der Wohnflächenverordnung (WoFIV). Sowohl für privat finanzierte Wohnungsflächen als auch für Gewerbeflächen existieren keine gesetzlich verbindlichen Vorgaben. Um jedoch eine Vergleichbarkeit der Flächen herstellen zu können, kann auf die Richtlinien zur Berechnung der Mietflächen für Wohnraum (MF/W) [6-40] und für gewerblichen Raum (MF/G) [6-41] der Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (gif) zurückgegriffen werden. In Abb. 6.11 sind die Zusammenhänge der Flächendefinitionen nach DIN 277 1:2016-01 und nach gif MF/W und MF/G dargestellt.

6.7.3 Erzielbare Mieterlöse

Auf Basis der in Abschnitt 6.2.1 vorgestellten Standortklassifikation wurde eine Analyse der erzielbaren Mieterlöse vorgenommen. Als Datenbasis wurde der Plötz Immobilienführer [6-42] genutzt. Dieser stellt Daten für insgesamt 115 wichtige deutsche Städte zur Verfügung. Die A-, B- und C-Standorte können mithilfe der Datenbasis des Plötz Immobilienführers vollständig abgebildet werden. Lediglich die D-Städte werden nur zum Teil (60 Städte statt 84 Städte) betrachtet.

In Abb. 6.12 sind die durchschnittlichen Mieterlöse von Büroflächen dargestellt. Diese sind nach den Ausstattungskategorien „einfach“, „mittel“ und „gut“ sowie der jeweiligen Stadtklassifikation geordnet. Unter der Kategorie „gut“ sind alle Büroflächen mit zeitgemäßem Standard und zentraler Innenstadtlage zusammengefasst. Die Kategorie „mittel“ beinhaltet alle Büroflächen, die den gängigen Anforderungen entsprechen. Die Büroflächen in der Kategorie „einfach“ sind in der Regel veraltet und ungünstig gelegen.

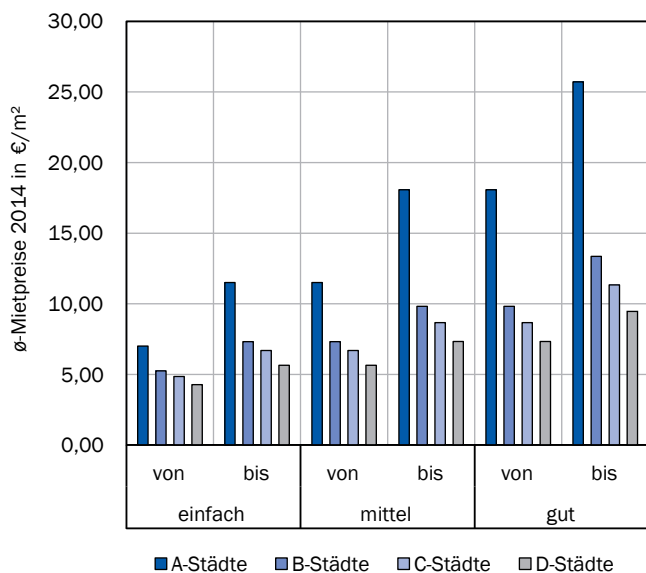


Abb. 6.12: Durchschnittliche Mieterlöse für Büroflächen in €/m²

Zusätzlich zu den eigentlichen Büroflächen ist anzunehmen, dass insbesondere in Innenstadtlagen eine gesonderte Einzelhandels- und Gewerbeflächennutzung im Erdgeschoss von Gebäuden erfolgt. Aufgrund der Attraktivität der Flächen und den durchschnittlich hohen zu erzielenden Mieterlösen, ist diese Flächennutzung übliche Praxis. In Abb. 6.13 sind die durchschnittlich zu erzielenden Mieterlöse für Ladenflächen dargestellt. Hierbei wird zwischen „1a-Lagen“, „1b-Lagen“ und „Vorortlagen“ unterschieden. Die „1a-Lage“ umfasst höchstfrequentierte Straßenabschnitte. Die „1b-Lage“ fasst weniger stark fre-

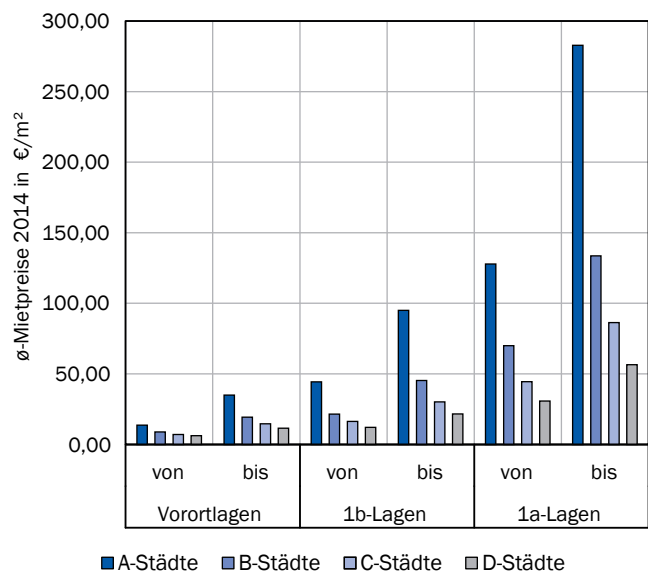


Abb. 6.13: Durchschnittliche Mieterlöse für Ladenflächen in €/m²

quentierte Straßenabschnitte zusammen. „Vorortlagen“ beinhalten Geschäftskerne außerhalb städtischer Zentren.

Die Mieterlöse für Wohnflächen sind wie für die Büroflächen nach den Ausstattungskategorien „einfach“, „mittel“ und „gut“ sowie der jeweiligen Stadtklassifikation geordnet. Unter der Kategorie „gut“ sind alle Wohnflächen mit zeitgemäßem Standard und zentraler Innenstadtlage zusammengefasst. Die Kategorie „mittel“ beinhaltet alle Wohnflächen, die den gängigen Anforderungen entspre-

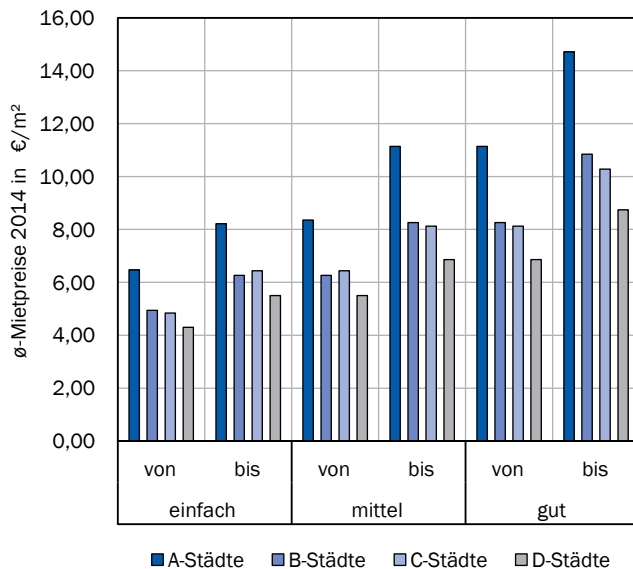


Abb. 6.14: Durchschnittliche Mieterlöse für Wohnflächen in €/m²

chen. Die Wohnflächen in der Kategorie „einfach“ sind in der Regel veraltet und ungünstig gelegen. In Abb. 6.14 sind die durchschnittlich zu erzielenden Wohnungsmieten dargestellt.

Im Rahmen der hier gegenständlichen Szenarioanalyse ist es notwendig, Miet- bzw. Pachtansätze für die Hotelnutzung zu bestimmen. Der Hotelverband Deutschland e. V. stellt hierfür die nachfolgenden monatlichen Ansätze für die Pacht pro Zimmer inkl. Inventar nach der DEHOGA Sterne-Klassifizierung zur Verfügung [6-43]:

- 5 Sterne: 1.500 bis 1.800€,
- 4 bis 5 Sterne: 900 bis 1.500€,
- 4 Sterne: 800 bis 1.100 €,
- 3 bis 4 Sterne: 450 bis 800 €,
- 2 Sterne: 250 bis 420 € und
- 1 Stern: 160 bis 250 €.

6.7.4 Erzielbarer Verkaufserlös

Beim Verkauf einer Immobilie erzielt der Investor einen Verkaufserlös. Allerdings ist die Prognose dieses Erlöses mit besonderer Sorgfalt vorzunehmen, denn Immobilien unterliegen einer langen Lebens- und Nutzungsdauer. Der Verkaufserlös am Ende des Betrachtungszeitraums bestimmt sich maßgeblich aus dem Wert des Grundstücks und des Bauwerks. Der Wert des Bauwerks hängt dabei maßgeblich vom Engagement des Investors in der Nutzungsphase (z. B. Instandhaltung und Modernisierung) ab. Allerdings ist aus der Erfahrung von vergangenen Immobilieninvestitionen bekannt, dass eine reale Wertsteigerung auch durch Bodenverknappung erzielt werden kann. Durch Überhitzung des Marktes oder Rezessionsphasen kann es aber auch zu einem Wertverfall der Immobilie kommen [6-44].

Der Verkaufserlös kann mithilfe verschiedener Vorgehensweisen ermittelt werden. Eine Möglichkeit besteht darin, den Kennwert auf Basis des Verkehrswertes nach der Immobilienwertverordnung (ImmoWertV) zu ermitteln. Da jedoch bereits die Ermittlung des aktuellen Verkehrswertes mit Unsicherheit behaftet ist, ist die Bestimmung des zukünftigen Verkehrswertes ebenfalls mit großen Prognoseunsicherheiten verbunden [6-13]. Eine weitere Möglichkeit besteht in der vereinfachten Annahme des Verkaufserlöses auf Basis eines Abschreibungssatzes. Dadurch wird die Abnutzung der Gebäudesubstanz berücksichtigt und die zu erwartende Lebensdauer in das Investitionsmodell integriert.

6.8 Beispielberechnung

6.8.1 Überblick

Für die Bewertung und den wirtschaftlichen Vergleich von Immobilienvarianten sind die bisher in Kapitel 6 vorgestellten Grundlagen in einem projektspezifischen Bewertungsmodell zusammenzufassen. Dabei sind die Kosten und Erlöse aus der Verknüpfung von Kostenkennwerten mit den jeweiligen Bezugsmengen zu ermitteln und mit zusätzlichen Eingangsgrößen in ein Bewertungsmodell zu integrieren. Als Bewertungsmodell wird ein stochastisch modellierter VoFi verwendet.

Zunächst sind jedoch Untersuchungsszenarien (vgl. Abschnitt 6.4) festzulegen. Für jedes der definierten Untersuchungsszenarien wird ein VoFi aufgestellt. Der wirtschaftliche Vergleich dieser Szenarien wird anhand der Eigenkapitalrentabilität durchgeführt. Die Auswertung und der Vergleich der Eigenkapitalrentabilitätsverteilungen gibt Aufschluss über die Renditeerwartung des jeweiligen Szenarios. Letztendlich werden aus dem Szenarienvergleich Rückschlüsse zur Wirtschaftlichkeit der untersuchten Variabilitätsgrade gezogen. In abschließenden Sensitivitätsanalysen wird analysiert, welche Eingangsparameter die Renditeerwartung maßgeblich beeinflussen.

In den folgenden Abschnitten werden zur Bewertung und zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Untersuchungsszenarien für das Referenzgebäude (vgl. Kapitel 3) Festlegungen zu den vorgestellten Grundlagen aus Abschnitt 6.2 bis 6.6 getroffen. Weiterhin wird das Lebenszyklusmodell definiert und die Untersuchungsszenarien bestimmt. Im Anschluss werden die relevanten Kosten und Erlöse im definierten Lebenszyklus berechnet. Diese werden über Wahr-

scheinlichkeitsverteilungen modelliert und in die VoFi's integriert. Mit Hilfe des Simulationsprogramms @RISK werden die Untersuchungsszenarien simuliert und Verteilungen für die Zielwerte der Eigenkapitalrentabilitäten festgelegt. Im Anschluss werden die Simulationsergebnisse der Szenarien in Sensitivitätsanalysen beurteilt und miteinander verglichen. Zuletzt werden Handlungsempfehlungen für Investoren vorgestellt, die eine variable nachhaltige Bauweise mit einer optimierten Rendite verbinden wollen.

6.8.2 Lebenszyklusmodell und Szenarienauswahl

Ziel der Untersuchung ist es, Investitionen eines Investors in die Variabilität und Multifunktionalität von Büro- und Geschäftsgebäuden über den Lebenszyklus aus monetären Gesichtspunkten zu bewerten. Dazu ist es notwendig, Szenarien zu entwickeln, die verschiedene Variabilitäts- und Multifunktionalitätsgrade sowie mögliche Folgenutzungsarten abbilden.

Zur transparenten Abbildung aller Zahlungsströme in den Szenarien wird das Investitionsrechenverfahren auf Basis von VoFi's angewendet. Dadurch ist es möglich, die Variabilität und Multifunktionalität ausgewählter Referenzgebäude zu bewerten und die getroffenen Annahmen übersichtlich darzustellen. Als Bewertungskennzahl der Investitionsalternativen ist die Eigenkapitalrentabilität von Bedeutung. Mithilfe dieser Kennzahl werden eine individuelle Beurteilung der Vorteilhaftigkeit eines Investitionsvorhabens und der Vergleich zu anderen Anlagevarianten ermöglicht.

Die Phasen des Lebenszykluskostenmodells werden so gewählt, dass nach der Realisierungs- und Erstinutzungsphase die Umbau- und Folgenutzungsphase

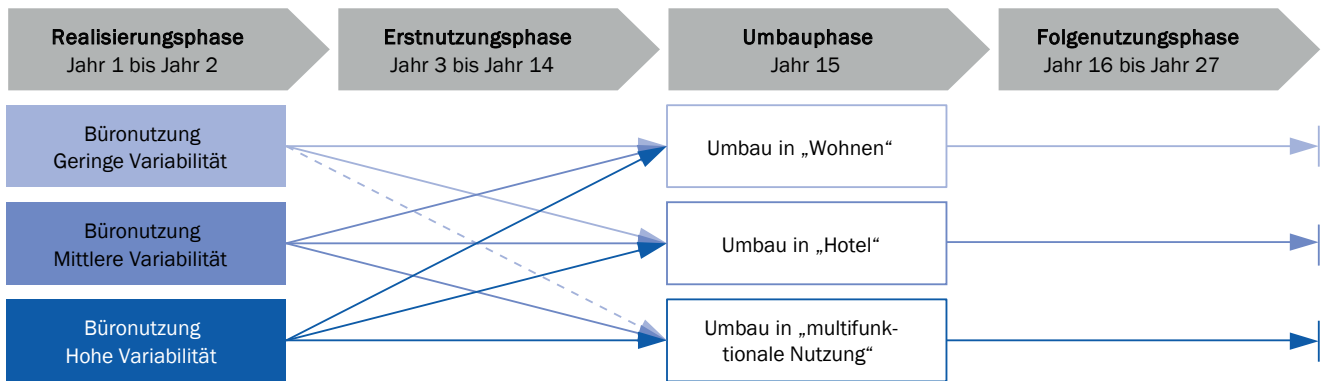


Abb. 6.15: Szenarien im Lebenszyklusmodell für die wirtschaftliche Bewertung der Variabilität und Multifunktionalität

anschließt. Für jedes Referenzgebäude wird in jeder Lebenszyklusphase eine differenzierte Kosten- und Erlösermittlung durchgeführt.

Dem Investitionsmodell wird ein Zeithorizont von 27 Jahren zugrunde gelegt. Dies hängt maßgeblich damit zusammen, dass Betrachtungszeiträume über 30 Jahre mit nicht mehr kalkulierbaren und abschätzbaren Unsicherheiten verbunden sind. Die deutlich längere Lebensdauer von Gebäuden mit 50 bis 100 Jahren wird dadurch berücksichtigt, dass für die entwickelten Referenzgebäude ein monetärer Restwert angenommen wird. Weiterhin liegt eine Marktumfrage der Europäischen Kommission zur Flexibilität und Variabilität von Büroflächen vor. Laut den Ergebnissen dieser Studie wird im europäischen Durchschnitt alle 11,3 Jahre das Büroraumkonzept oder die Nutzung geändert [6-45]. Auf Basis dieser Erkenntnisse wird ein Erst- und Folgenutzungszeitraum von 12 Jahren festgelegt. Die Dauer der einzelnen Lebenszyklusphasen wird folgendermaßen festgelegt:

- Jahr 1 bis 2: 2 Jahre für Planung, Realisierung und Inbetriebnahme,
- Jahr 3 bis 14: 12 Jahre für die Nutzung im Rahmen der vorgesehenen Erstnutzung,
- Jahr 15: 1 Jahr für Umbau in die Folgenutzungsart,
- Jahr 16 bis 27: 12 Jahre für die Nutzung im Rahmen der vorgesehenen Folgenutzung.

Die drei verschiedenen Referenzgebäude (vgl. Kapitel 5) mit unterschiedlichen Variabilitätsgraden (gering, mittel, hoch) werden nach einer Erstnutzungsphase in die Nutzungsarten „Wohnen“, „Hotel“ und „gemischte Nutzung“ transformiert. Daraus ergeben sich insgesamt 9 Szenarien. Allerdings wird die Umnutzung des Referenzgebäudes mit geringer Variabilität in die „ge-

mischte Nutzung“ ausgeschlossen, da die notwendigen konstruktiven Voraussetzungen (z. B. Deckenaufbau, TGA-Anschlussleitungen etc.) nicht erfüllt sind und ein Umbau somit nicht mit moderaten Eingriffen realisiert werden kann. In Abb. 6.15 sind die Szenarien über den festgelegten Betrachtungszeitraum dargestellt. Die gestrichelte Darstellung des Verbindungspfeils stellt das Szenario dar, welches in der Betrachtung ausgeschlossen wird.

6.8.3 Risikoberücksichtigung

Bei Investitionsentscheidungen sind zahlreiche Risiken zu berücksichtigen, die in der Planungs-, Realisierungs-, Nutzungs- oder Umnutzungsphase eines Investitionsobjektes auftreten können.

Für das Beispielprojekt werden die Investitionsentscheidungen an die Auswertungen eines geeigneten Lebenszykluskostenmodells gekoppelt. Mit Hilfe von VoFi's können monetäre und teilweise nichtmonetäre Risiken abgebildet und bewertet werden. Zu den monetären Risiken zählen Kosten und Erlöse. Nichtmonetäre Risiken sind beispielsweise der Vermietungsgrad oder der Standort und spezifische Markteinflüsse. Um die Fragestellung zu klären, welche Risiken mit welcher Ausprägung zu berücksichtigen sind, ist zunächst eine systematische Erfassung aller wesentlichen Risiken zu gewährleisten. Dazu bietet es sich an, Risiken in Risikoarten einzuteilen [6-46]. In Tab. 6.5 sind die zu berücksichtigenden Risikoarten zusammengefasst.

Risiken innerhalb der Risikoarten treten sowohl in der Realisierungs- und Umbauphase sowie der Nutzungsphase auf. Auf eine detaillierte Abgrenzung und Auswertung der einzelnen Risiken wird jedoch verzichtet.

Risikoarten	Berücksichtigung im Investitionsmodell
Rechtliche Risiken	Beachtung aller rechtlichen Vorschriften im gesamten Untersuchungszeitraum
Terminliche Risiken	Risiken von zeitlichen Verzögerungen in der Realisierungs- und Umbauphase bleiben unberücksichtigt
Finanzielle Risiken	Finanzielle Risiken werden durch deterministische und stochastische Annahmen der Eingangsgrößen berücksichtigt
Technische Risiken	Risiken technischer Veränderungen bleiben unberücksichtigt
Managementrisiken	Risiken des Managements bleiben unberücksichtigt, fließen aber indirekt über Szenarien in die Untersuchung ein
Risiken des Umfeldes	Risiken des Umfeldes bleiben unberücksichtigt, fließen jedoch indirekt durch verschiedene Eingangsgrößen ein

Tab. 6.5: Risikoarten und die Berücksichtigung im Investitionsmodell

Lediglich die finanziellen Risiken werden im Folgenden näher beschrieben und in das Wirtschaftlichkeitsmodell integriert.

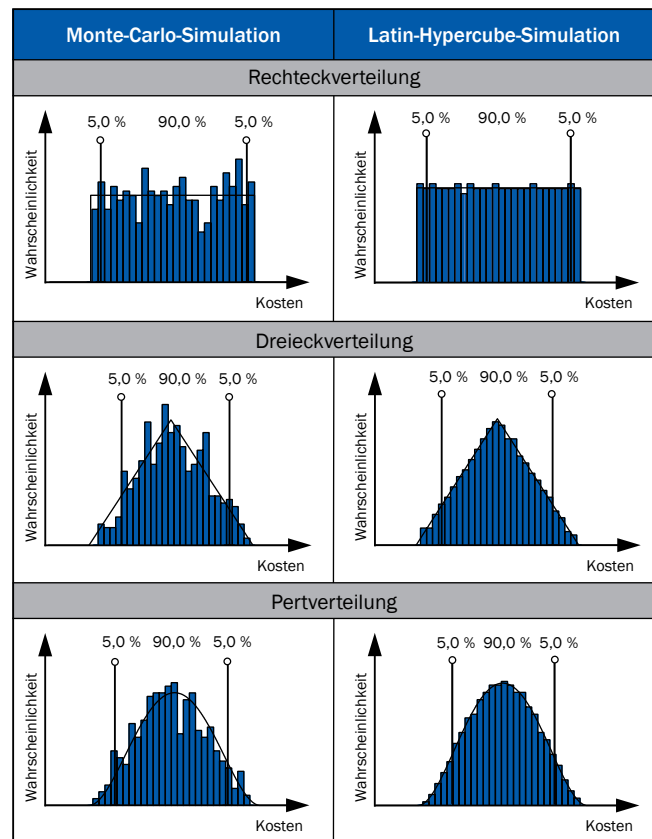
Für die ökonomische Bewertung werden die risikobehafteten Einflussgrößen in stochastischen Szenarioanalysen untersucht. Hierbei ist vorab festzulegen, welche Simulationsmethode und Verteilungsfunktionen eingesetzt werden. Als Simulationsmethode kann entweder die Monte-Carlo-Simulation oder die Latin-Hypercube-Simulation angewendet werden (vgl. Abschnitt 6.5.2). Zur besseren Entscheidungsfindung wird hierzu in einer Voruntersuchung überprüft, mithilfe welcher Methode nach wieviel Iterationen genauere Ergebnisse erzielt werden können. In Tab. 6.6 sind die Ergebnisse der Dichtefunktionen der jeweiligen Simulationsmethode nach 500 Iterationen dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die Latin-Hypercube-Simulation die Zielfunktion deutlich besser abbildet als die Monte-Carlo-Simulation.

Für die Verteilungsfunktionen stehen grundsätzlich Rechteck-, Dreiecks- und Pertverteilung zur Auswahl (vgl. Abschnitt 6.5.1). Diese müssen folgende Bedingungen erfüllen:

- stetige Verteilung, zum Erfassen jeden Wertes innerhalb der Intervallgrenzen,
- beidseitig endliche Intervallgrenzen, da die Eingangsgrößen stets Minimal- und Maximalwerte aufweisen sowie
- Parameter der Verteilung müssen aus den Kennwerten abgeschlossener Projekte, Fachliteratur oder Experteneinschätzungen vorhanden sein.

In einer Voruntersuchung zum Forschungsprojekt P1118 wurden verschiedene Verteilungsfunktionen untersucht. Im Ergebnis ist festzustellen, dass für die Modellierung

der Kosten- und Erlösansätze im Lebenszyklusmodell bevorzugt die Dreiecksverteilung zu verwenden ist. Dadurch soll vermieden werden, dass das Ergebnis nicht durch die Wahl der Verteilungsfunktion in eine optimistische oder pessimistische Richtung abgelenkt wird. Sind allerdings für einzelne Kostenkennwerte nur die Intervallgrenzen bekannt oder können diese nur durch Experten abgeschätzt werden, wird die Rechteckverteilung favorisiert.



Tab. 6.6: Vergleich der Dichtefunktionen

6.8.4 Realisierungs- und Umbaukosten

Die Ermittlung der Realisierungskosten basiert auf der Kostenstrukturierung nach DIN 276:2018-12. Hierzu werden zunächst die übergeordneten Kostengruppen zusammengestellt (vgl. Tab. 6.7). Diese werden nicht anhand der spezifischen Mengenermittlung der einzelnen Referenzgebäude bestimmt, sondern mithilfe übergeordneter Flächenkennwerte oder prozentualer Annahmen berechnet. Die Kostengruppe 100 beinhaltet die Kosten für das notwendige Grundstück und wird im Wirtschaftlichkeitsmodell separat anhand eines Erbbauzinssatzes berücksichtigt. Dabei ist zu beachten, dass sich der Grundstückskaufpreis regional sehr

unterschiedlich darstellt [6-47]. Für die Untersuchung der Variabilität von Gebäuden im Lebenszyklusmodell ist der Grundstückspreis kaum relevant, da hierbei nur die Differenz der Ergebnisse entscheidend ist. Allerdings beeinflusst dieser die absolute Höhe des Zielwertes (z. B. Eigenkapitalrentabilität) und wird deshalb für alle Untersuchungsszenarien durch einen Erbbauzinssatz berücksichtigt. Die Höhe des Erbbauzinses ist nicht gesetzlich festgelegt und kann zwischen den Vertragsparteien frei vereinbart werden. Für Gewerbebauten liegt der Erbbauzinssatz üblicherweise bei 6 bis 10 % [6-48]. Im Investitionsmodell wird der mittlere Wert von 8 % angesetzt. Die Kostenkennwerte für die Kostengruppen 200, 400, 500 und 600 werden als gemittelte prozentuale

KG	Bezeichnung	Bezugseinheit	Kostenkennwerte von KG 300+400 [%]			Mittelwert der Verteilung
			von	mittel	bis	
1. Ebene						
100	Grundstück	Separate Berücksichtigung im Lebenszyklusmodell über Erbbauzins				
200	Vorbereitende Maßnahmen	m ² GF	0,1	1,2	5,5	2,3
300	Baukonstruktionen	Referenzgebäudespezifische Ermittlung anhand von Leitpositionen				
400	Technische Anlagen	m ² BGF	13,9	23,8	33,8	23,8
500	Außenanlagen & Freiflächen	m ² AF	0,3	4,2	11,3	5,3
600	Ausstattung & Kunstwerke	m ² BGF	0,2	2,3	12,4	5,0
700	Baunebenkosten	Pauschaler Ansatz von 25 % auf die Bauwerkskosten (KG 300+400)				
800	Finanzierung	Separate Berücksichtigung im Lebenszyklusmodell zum direkten Zeitpunkt des Anfalls				
2. Ebene						
310	Baugrube	m ³ BGI	0,6	1,5	2,7	1,6
320	Gründung, Unterbau	m ² GRF	6,7	10,3	14,9	10,6
370	Infrastrukturanlagen	entfällt				
380	Baukonstruktive Einbauten	m ² BGF	0,1	1,1	3,0	1,4
390	Sonst. Maßnahmen für Baukonstruktion	m ² BGF	2,6	4,6	7,1	4,8

Tab. 6.7: Pauschale Kostenansätze der Realisierungsphase

KG	Bezeichnung	Leitposition	Einheit	Kostenkennwerte brutto [€/Einheit]			Mittelwert der Verteilung
				von	mittel	bis	
331	Tragende Außenwände	Mauerwerk herstellen	m ²	40,00	60,00	80,00	60,00
		Stahlbetonwand herstellen	m ²	90,00	135,00	170,00	131,67
		Elementwand herstellen	m ²	90,00	150,00	190,00	143,33
		Attika herstellen	m ²	30,00	50,00	100,00	60,00
332	Nichttragende Außenwände	Mauerwerk ohne Bekleidung herstellen	m ²	40,00	60,00	80,00	60,00
333	Außenstützen	Stahlstütze mit Brandschutz herstellen	m	250,00	275,00	330,00	285,00
		Stahlverbundstütze herstellen	m	65,00	100,00	150,00	105,00
334	Außenwandöffnungen	Tür, zweiflügelig liefern, montieren	St	900,00	2.800,00	5.000,00	2.900,00
		Tür, einflügelig liefern, montieren	St	490,00	1.700,00	3.000,00	1.730,00
		Brandschutztür, einflügelig liefern, montieren	St	700,00	1.250,00	2.200,00	1.383,33
		Eingangs-Türelement liefern, montieren	St	1.700,00	5.000,00	10.000,00	5.566,67
		Kellerfenster liefern, montieren	St	160,00	250,00	340,00	250,00
		Fenster bis 2,50 m ² liefern, montieren	St	750,00	1.600,00	3.300,00	1.883,33
		Fenster über 2,50 m ² liefern, montieren	St	1.500,00	2.400,00	6.000,00	3.300,00
		Tor, elektrisch, liefern, montieren	St	2.500,00	7.000,00	11.000,00	6.833,33
335	Außenwandbekleid., außen	Perimeterdämmung, Abdichtung im	m ²	45,00	65,00	90,00	66,67
		WDVS inkl. Putz und Armierung	m ²	90,00	120,00	150,00	120,00
		Außenwandputze mit Beschichtung herstellen	m ²	17,00	40,00	65,00	40,67
		Fassadenbekleidung, Blech inkl. Dämmung	m ²	55,00	80,00	100,00	78,33
336	Außenwandbekleid., innen	Innenwandputz mit Beschichtung herstellen	m ²	15,00	35,00	55,00	35,00
337	Elem. Außenwandkonstr.	Fassadenfertigteilelemente	m ²	370,00	560,00	910,00	613,33
		Pfosten-Riegel-Fassade inkl. Glas	m ²	250,00	850,00	1.640,00	913,33
338	Lichtschatz zur KG 330	Außenjalousie-Anlage liefern, montieren	m ²	60,00	150,00	300,00	170,00
339	Sonstiges zur KG 330	Lichtschatz herstellen	m ²	100,00	500,00	1.100,00	566,67
341	Tragende Innenwände	Mauerwerk herstellen	m ²	50,00	65,00	85,00	66,67
		Stahlbetonwand herstellen	m ²	70,00	110,00	150,00	110,00
		Brandwand errichten	m ²	50,00	65,00	100,00	71,67
342	Nichttragende Innenwände	Mauerwerk fertig herstellen	m ²	50,00	80,00	105,00	78,33
		Trockenbauwand fertig herstellen	m ²	40,00	60,00	110,00	70,00
343	Innenstützen	Stahlstütze herstellen	m	250,00	275,00	330,00	285,00
		Stahlverbundstütze herstellen	m	65,00	100,00	150,00	105,00
344	Innenwandöffnungen	Brandschutztür einflügelig, liefern, montieren	St	700,00	1.250,00	2.200,00	1.383,33
		Innentür, einflügelig liefern, montieren	St	220,00	450,00	920,00	530,00
		Wohnungstür liefern, montieren	St	670,00	1.300,00	2.500,00	1.490,00
345	Innenwandbekleidungen	Innenwandputz mit Beschichtung	m ²	15,00	35,00	55,00	35,00
		Wandfliesen aufbringen	m ²	35,00	55,00	70,00	53,33
346	Elem. Innenwändkonstr.	Mobile Trennwandanlage liefern, montieren	m ²	350,00	650,00	1.000,00	666,67
347	Lichtschatz zur KG 340	-	m ²	-	-	-	-
349	Sonstiges zur KG 340	-	m ²	-	-	-	-
351	Deckenkonstruktionen	Unterzugdecke, 5 kN Nutzlast herstellen	m ²	140,00	155,00	185,00	160,00
		Unterzugdecke, 5/3 kN Nutzlast herstellen	m ²	130,00	145,00	175,00	150,00
		Flachdecke, 3 kN Nutzlast herstellen	m ²	130,00	145,00	175,00	150,00
		TG-Rampe im Gebäude herstellen	m ²	205,00	230,00	275,00	236,67
		Fertigteiltreppe Stahlbeton herstellen	m ³	550,00	1.000,00	1.700,00	1.083,33
352	Deckenöffnungen	-	m ²	-	-	-	
353	Deckenbeläge	Hohlraumboden 70-100 mm herstellen	m ²	20,00	25,00	30,00	25,00
		Estrich herstellen	m ²	15,00	25,00	45,00	28,33
		Oberflächenschutzsystem OS 11	m ²	35,00	45,00	55,00	45,00
		Bodenfliesen aufbringen	m ²	50,00	75,00	95,00	73,33
		Natursteinbelag herstellen	m ²	45,00	120,00	350,00	171,67
		Bodenbelag, Textil liefern, aufbringen	m ²	20,00	40,00	75,00	45,00
		PVC/Linoleum liefern, aufbringen	m ²	17,50	30,00	45,00	30,83
		Bodenbelag, Laminat liefern, aufbringen	m ²	25,00	40,00	55,00	40,00
		Parkettbelag herstellen	m ²	60,00	90,00	120,00	90,00
354	Deckenbekleidungen	Deckeninnenputz mit Beschichtung	m ²	20,00	40,00	60,00	40,00
		Dämmung Kellerdecke herstellen	m ²	30,00	40,00	60,00	43,33
		Deckenträger Brandschutzverkofferung	m ²	15,00	20,00	25,00	20,00
		Abgehängene Decke herstellen	m ²	30,00	50,00	100,00	60,00
355	Elementierte Deckenkonstr.	-	m ²	-	-	-	
359	Sonstiges zur KG 350	Metallgeländer liefern, montieren	m	140,00	270,00	650,00	353,33
		Brüstung, Glas liefern, montieren	m	700,00	950,00	1.200,00	950,00
361	Dachkonstruktionen	Unterzugdecke, 5 kN Nutzlast herstellen	m ²	140,00	155,00	185,00	160,00
		Unterzugdecke, 3 kN Nutzlast herstellen	m ²	130,00	145,00	175,00	150,00
		Flachdecke, 3 kN Nutzlast herstellen	m ²	130,00	145,00	175,00	150,00
362	Dachöffnungen	Lichtkuppel liefern, montieren	St	1.600,00	1.800,00	2.000,00	1.800,00
		RWA-Lichtkuppel liefern, montieren	St	1.800,00	2.000,00	2.200,00	2.000,00
363	Dachbeläge	Dachentwässerung herstellen	m	15,00	35,00	70,00	40,00
		Kunststoffolie-Dach herstellen	m ²	40,00	75,00	140,00	85,00
		Vegetatives Dach mit Kunststoffolie herstellen	m ²	15,00	20,00	25,00	20,00
364	Dachbekleidungen	-	m ²	-	-	-	
365	Elementierte	-	m ²	-	-	-	
366	Lichtschatz zur KG 360	-	m ²	-	-	-	
369	Sonstiges zur KG 360	Absturzicherungselement /Sekurant	St	130,00	170,00	200,00	166,67

Tab. 6.8: Kostenkennwerte für Leitpositionen

KG	Bezeichnung	Bezugseinheit	Kostenkennwerte brutto [€/Einheit]			Mittelwert der Verteilung
			von	mittel	bis	
2. Ebene						
390	Sonst. Maßnahmen für Baukonstruktionen	m ² BGF	5,51	23,57	41,62	23,57
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	m ² BGF	13,00	26,00	44,00	27,67
420	Wärmeversorgungsanlagen	m ² BGF	36,00	48,00	64,00	49,33
430	Raumlufttechnische Anlagen	m ² BGF	12,00	37,00	96,00	48,33
440	Elektrische Anlagen	m ² BGF	13,00	34,00	77,00	41,33
450	Kommunikations-, Sicherheits-, IT-Anlagen	m ² BGF	7,00	18,00	35,00	20,00
490	Sonst. Maßnahmen für Technische Anlagen	m ² BGF	10,00	26,56	50,00	28,85
700	Baunebenkosten	Pauschaler Ansatz von 15 % auf die Bauwerkskosten (KG 300+400)				

Tab. 6.9: Pauschale Kostenansätze der Umbauphase

Kennwerte in das Wirtschaftlichkeitsmodell integriert. Die Kostengruppe 700 wird zum Großteil von Planungskosten bestimmt. Dafür wird ein pauschaler Kostenansatz von 25 % der KG 300+400 für die Realisierungsphase und 15 % der KG 300+400 für die Umbauphase festgelegt. Die Kostengruppe 300 und insbesondere die gebäude-spezifischen Kostenanteile (KG 330 bis KG 360) werden anhand von Leitpositionen ermittelt. Hierzu werden den Einzelleistungen Positionsdaten des BKI zugeordnet. Dadurch ist es möglich, wesentliche Elemente der festgelegten Referenzgebäude in den Kosten zu erfassen. Im Gegensatz zu reinen Positionen des BKI, die Leistungspositionen in Einheitspreisverträgen entsprechen, beinhalten die angeführten Leitpositionen teilweise mehrere Einzelpositionen. Damit entsprechen die Leitpositionen komplett herzustellenden Bauelementen. Die gewählten Kostenkennwerte zur Bestimmung der Eingangsgrößenverteilungen (von, mittel, bis) sind in Tab. 6.8 enthalten. Alle Stahlbaupositionen (Stahlstütze mit Brandschutz, Stahlverbundstütze) die Deckenkonstruktionen (Unterzugdecken, Flachdecke) und die Fassadenfertigteilelemente wurden analytisch kalkuliert. Die Kostenansätze für das Oberflächenschutzsystem OS 11 wurden Swoboda [6-49] entnommen und die Kennwerte für den Hohlraumboden, die Lichtkuppel und die RWA wurden mit Hilfe des Baupreislexikons von f:data ermittelt. Die Dachbekleidung beinhaltet keine Leitpositionen, da die Decke über dem fünften Obergeschoss als Flachdach ausgebildet wird und diese der Deckenbekleidung zugeordnet wird. Für alle Leitpositionen wird die Dreiecksverteilung als Wahrscheinlichkeitsverteilung zur Modellierung der Eingangsgrößen gewählt (vgl. Abschnitt 6.7.3). Die Ansätze für die Kostengruppen 310, 320, 380 und 390 werden anhand von pauschalen flächenbezogenen Kennzahlen ermittelt. Diese sind ebenfalls in Tab. 6.6 dokumentiert.

Für die Umbaukosten sind neben den benannten Kostenansätzen der KG 300 und KG 700 weitere zusätzliche Kostenanteile für Abbruch (KG 390, KG 490) und Umbaumaßnahmen bei technischen Anlagen (KG 400) zu berücksichtigen. Die gewählten Kostenansätze können Tab. 6.9 entnommen werden. Die Umbaukosten werden szenarienspezifisch ermittelt. Daher sind die angegebenen Kostenkennwerte für jedes Szenario individuell anzupassen. Dies geschieht durch eine prozentuale Abminderung oder Beaufschlagung.

6.8.5 Nutzungskosten

Die Eingangsgrößenverteilungen für die jeweiligen Nutzungskosten werden auf Basis der in Tab. 6.10 dokumentierten Kostenkennwerte erstellt. Die angegebenen Nutzungskosten für Büro und Gewerbe basieren auf Daten der OSCAR-Studie [6-38]. Allerdings werden die angegebenen Kostenkennwerte um die Verwaltungskosten reduziert, da diese nach Betriebskostenverordnung (BetrKV) nicht umlagefähig sind und im Rahmen des Wirtschaftlichkeitsmodells separat betrachtet werden. Die Nutzungskosten für die Tiefgarage werden auf Grundlage eines prozentualen Ansatzes von 45 % der Nutzungskosten für Büro und Gewerbe ermittelt. Dieser reduzierte Ansatz begründet sich damit, dass die Flächen

Bezeichnung	Einheit	Kostenkennwerte [€/Einheit]		
		von	mittel	bis
Büro/Gewerbe	€/m ² NRF	2,82	3,30	3,81
Tiefgarage	€/m ² NRF	1,27	1,49	1,71
Hotel	€/m ² NRF	3,67	4,29	4,95
Wohnen	€/m ² BGF	0,63	1,40	1,98

Tab. 6.10: Ausgewählte monatliche Nutzungskostenansätze

der Tiefgarage unbeheizt sind und auch kein Wasser verbraucht wird. Außerdem wird angenommen, dass die Kosten für Wartung (insbesondere elektrische Anlagen), Reinigung und Hausmeister nur 50 % der Kosten für Büro und Gewerbe betragen. Daraus ergibt sich der angegebene reduzierte Kostenansatz. Der Nutzungskostenansatz für Hotels wird anhand ähnlicher Gebäudestrukturen der dokumentierten Nutzungskosten der BKI (Pflegeheime, Pflegestifte) bestimmt. Im Mittel ergeben sich 30 % höhere Nutzungskosten als für Büro und Gewerbe. Der Nutzungskostenansatz für Wohngebäude ergibt sich auf Basis des fm.benchmarkingberichts [6-39].

6.8.6 Erlöse der Referenzgebäude

Für die Erlösbestimmung sind Flächenkennwerte mit Bezugsflächen zu multiplizieren. Dabei wird die Flächenberechnung nach MF/W und MF/G zugrunde gelegt. Die Flächen, die nach der Definition des gif nicht als Mietfläche angesetzt werden, gehen auch im Wirtschaftlichkeitsmodell nicht als Grundlage der Erlösberechnung ein. Die erzielbaren Erlöse für die Büro-, Gewerbe- und Wohnnutzung werden auf Basis der B-Stadt-Klassifikation in das Investitionsmodell integriert. Die Pachtansätze für die Hotelnutzung werden an Hand der Kennwerte des DEHOGA festgelegt. Da in Deutschland knapp 90 % der Hotels in den Kategorien 3 bis 4 Sterne vorzufinden sind (vgl. Abschnitt 6.2.3.), wird diese Kategorisierung für die Pachtansätze gewählt. Zudem wird angenommen, dass verfügbare Stellplätze in der Tiefgarage ebenfalls verpachtet werden. In Tab. 6-11 sind die monatlichen Erlösansätze für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dargestellt.

Der Verkaufserlös der Referenzgebäude wird mithilfe der technischen Abschreibung bestimmt. Somit ist es möglich, jedes Referenzgebäude anhand der spezifischen Realisierungskosten zu bewerten. Es wird für alle Referenzgebäude von einer Lebensdauer von 100 Jahren ausgegangen. Daher beträgt die technische Abschreibung pro Jahr 1 %. Für die verschiedenen Referenzgebäude wird zudem kein unterschiedlicher Abschreibungssatz festgelegt, um das Ergebnis der Renditekennzahl nicht zu verfälschen und den Fokus auf die funktionalen und konstruktiven Kriterien der Variabilität und Multifunktionalität von Büro- und Geschäftsgebäuden zu setzen.

Für die Erlöse werden keine separaten Zwischenergebnisse ermittelt, da zum einen verschiedene Mietflächen angesetzt werden und zum anderen die Nutzungsarten variieren.

6.8.7 Zusätzliche Eingangsgrößen

Neben den Bau- und Nutzungskosten verursachen zusätzliche Eingangsgrößen Kosten im Investitionsmodell. Der Eigenkapital- und Fremdkapitaleinsatz mit zugehörigen Zinsen und Tilgungsraten wird mit aktuell üblichen Ansätzen festgelegt. Für die Abnutzung des Gebäudes werden eine steuerliche Abschreibung nach Einkommenssteuergesetz (EStG) und zur Bestimmung des Restbuchwertes ein pauschaler technischer Abschreibungssatz auf Basis einer definierten Nutzungsdauer festgelegt. Dieser wird bei allen Gebäudevarianten gleich angesetzt, um keinen Einfluss aus unterschiedlichen Abschreibungsansätzen auf die Zielgröße zu verursachen. Regionale Unterschiede der Baupreise in den angesetzten B-Städten werden über einen gemittelten Regionalfaktor vereinheitlicht. Eine weitere Eingangsgröße im Modell ist die Auslastung

Flächenbezeichnung	von	mittel	bis
Büroflächen	6,28 €/m ²	8,57 €/m ²	11,59 €/m ²
Gewerbeflächen	14,11 €/m ²	33,39 €/m ²	101,79 €/m ²
Wohnflächen	5,60 €/m ²	7,26 €/m ²	9,55 €/m ²
Hotelflächen	450 €/Zimmer	-	800 €/Zimmer
Stellplatz Tiefgarage	50 €/Stellplatz	80 €/Stellplatz	110 €/Stellplatz

Tab. 6.11: Erlösansätze der Nutzungsarten

Eingangsgröße	Wert (i. M.)	Einheit	Grundlagen			Bemerkungen
Kostenanpassung						
Regionalfaktor	0,957	--	--			Verwendung für Realisierungs- und Umbaukosten
Preissteigerung						
Baupreise	2,4	%	--			Verwendung für Umbaukosten
Verbraucherpreise	1,6	%	--			Verwendung für Nutzungskosten
Mieten	1,5	%	--			Verwendung für Erlöse
Vermietungsgrad						
Nutzungsart Büro	90	%	--			10 % Leerstandsquote für Zeiten Mieterwechsel
Nutzungsart Gewerbe	90	%	--			10 % Leerstandsquote für Zeiten Mieterwechsel
Nutzungsart Wohnen	90	%	--			10 % Leerstandsquote für Zeiten Mieterwechsel
Nutzungsart Hotel	100	%	--			komplette Verpachtung an Hotelbetreiber
Nutzungsart Stellplätze	90	%	--			10 % Leerstandsquote für Zeiten Mieterwechsel
Eigenkapital						
Eigenkapitaleinsatz	30	%	--			zzgl. Zinsen für Darlehen in Realisierungsphase
Verwaltung						
Projektgesellschaft	35.000,00	€/a	--			Eigenkapitalgeber und Projektverwaltung
Grundstück						
			min	mittel	max	
Grundstückskosten B-Städte	394,50	€/m ² GF	153,00	--	636,00	Rechteckverteilung
Erbbauzins	8,0	%	--			für Gewerbebauten 6 % bis 10 %
Grundstücksfläche	200	%	--			Annahme für Grundstück doppelte GRF
Abschreibung						
Technisch	1,0	%	--			linearer Ansatz für Nutzungsdauer 100 Jahre
Steuerlich - Büro/Gewerbe/Hotel	3,0	%	--			nach EStG
Steuerlich - Wohnen	2,0	%	--			nach EStG
Darlehen						
	Tilgung	Einheit	Zins	Einheit		
Annuitätenkredit 1. bis 6. Jahr	3,0	%	1,5	%		
Annuitätenkredit 7. bis 12. Jahr	2,0	%	4,0	%		
Annuitätenkredit 13. bis 25. Jahr	2,0	%	5,0	%		
Verrechnungskonto						
Verzinsung 1. bis 6. Jahr	0,1	%	--			Annahme für Zinsentwicklung
Verzinsung 7. bis 12. Jahr	0,5	%	--			Annahme für Zinsentwicklung
Verzinsung 13. bis 25. Jahr	1,0	%	--			Annahme für Zinsentwicklung
Steuern						
Steuermesszahl	3,5	%	--			nach GewStG
Hebesatz	460	%	--			Durchschnitt der Hebesätze deutscher B-Städte
Körperschaftsteuer	15,0	%	--			nach KStG
Solidaritätszuschlag	5,5	%	--			nach SolzG

Tab. 6.12: Zusätzliche Eingangsgrößen des VoFi

der vermietbaren Flächen. Über eine Anpassung des Vermietungsgrades können im VoFi-Modell diverse Szenarien durchgerechnet werden. Damit lassen sich in der Lebenszyklusbetrachtung verschiedene Auslastungszustände abbilden. Zur Beurteilung des Einflusses der Variabilität auf die Eigenkapitalrentabilität sind individuelle Anpassungen in den Szenarien nicht geeignet, da diese die Erlöse und damit das Gesamtergebnis stark beeinflussen. Deshalb wird für alle Vermietungsflächen in allen Szenarien ein einheitlicher Vermietungsgrad angesetzt. In Tab. 6.12 sind die zusätzlichen Eingangsgrößen für das Investitionsmodell dargestellt.

Regionale Unterschiede der Baupreise werden mit dem Regionalfaktor berücksichtigt. Für die Untersuchung im Investitionsmodell werden die B-Städte als Vergleichsstandorte gewählt. Die Kostenkennwerte des BKI sind jedoch auf Bundesdurchschnitt vereinheitlicht und werden deshalb für die Auswahl der insgesamt acht B-Städte gemittelt.

Preissteigerungen beeinflussen die jährlich anzusetzenden Kosten und Erlöse im Investitionsmodell. Für die VoFi's wird die Baupreissteigerung des BPI bei den Umbaukosten mit 2,4 % pro Jahr (gemittelter Baupreisindex der letzten 10 Jahre) angesetzt. D. h. im Jahr des Umbaus der Referenzgebäude (Jahr 13) ist eine fortgeschriebene Preissteigerung seit der Fertigstellung der Referenzgebäude zu berücksichtigen. Die Verbraucherpreissteigerung wird bei den Nutzungskosten angesetzt. Diese beträgt im Mittel 1,6 % pro Jahr (gemittelter Verbraucherpreisindex der letzten 10 Jahre) und gilt im gesamten Nutzungszeitraum (25 Jahre). Für die Preissteigerung der Mieterlöse wird der Immobilienpreisindex betrachtet. Danach sind im Zeitraum von 2004 bis 2014 die Immobilienpreise im Mittel um 2,1 % jährlich gestiegen. Für die Untersuchung

im Investitionsmodell wird ein Mix der Mieterlöse für die verschiedenen Nutzungsarten verwendet. Die jährliche Preissteigerung aller Mieterlöse wird mit 1,5 % angesetzt.

Der Vermietungsgrad legt fest, mit welcher Auslastung die Nutzungsflächen vermietet sind. Für Büro, Gewerbe, Wohnen und Stellplätze wird ein genereller Vermietungsgrad von 90 % angenommen. Eine Vollvermietung wird nicht angesetzt, um temporäre Leerstände und Leerstände durch Mieterwechselzeiten im Nutzungszeitraum zu berücksichtigen. Für die Nutzungsart Hotel wird ein Vermietungsgrad von 100 % gewählt, da die Nutzungsflächen von Hotels regelmäßig nicht partiell vermietbar sind. Es wird davon ausgegangen, dass der Investor mit dem Hotelbetreiber einen Pachtvertrag über die gesamten Nutzungsflächen des Gebäudes (ausgenommen Gewerbeflächen im Erdgeschoss) abschließt. Damit ist der Investor nicht vom laufenden Hotelbetrieb und der Zimmerauslastung abhängig.

Die Projektfinanzierung erfolgt durch Kapitalbeschaffung aus Eigen- und Fremdkapital. Das Eigenkapital wird durch den Investor aufgebracht. Für die Investitionsrechnung wird festgelegt, dass die Gesellschafter einer gegründeten Projektgesellschaft das Eigenkapital einbringen. Als juristisch eigenständige Gesellschaft kann die Projektgesellschaft Fremdkapital aufnehmen. Während Gesellschafter an einer Maximierung des Projekterfolges und einer möglichst geringen Eigenkapitalquote interessiert sind [6-16], sind Banken an angemessenen Belastbarkeit des Projekts interessiert. Dies wird durch eine hohe Eigenkapitalquote gewährleistet [6-50]. In der Regel liegt die Eigenkapitalquote bei Projektfinanzierungen zwischen 20 % und 40 % des Gesamtvolumens [6-51]. Für das Investitionsmodell wird eine Eigenkapitalquote von 30 % festgelegt.

Die Projektgesellschaft übernimmt neben der Kapitalbeschaffung auch alle Verwaltungsaufgaben des Referenzobjektes. In der Nutzungsphase ist sie zuständig für die Vermietung der Nutzungsflächen, Wartungs- und Instandhaltungsverträgen sowie für das gesamte Finanz- und Rechnungswesen. Die Kosten für die Projektgesellschaft werden mit jährlich 35.000 Euro festgelegt [6-38].

Die Abschreibung der Referenzgebäude wird in die steuerliche und die technische Abschreibung unterschieden. Bei der steuerlichen Abschreibung können nach EStG die Herstellungskosten der Gewerbebebauung (Büro, Gewerbe) mit einem festen Abschreibungssatz von 3 % pro Jahr und für alle anderen Gebäude (Wohnen, Hotel) mit 2 % pro Jahr linear abgeschrieben werden. In der Erstnutzungsphase werden die Referenzgebäude nur gewerblich (Büro, Gewerbe) genutzt. Die gesamten Realisierungskosten werden deshalb mit 3 % abgeschrieben. Nach dem Umbau in Wohnen und Hotel sind die anteiligen Kosten für Wohnflächen mit 2 % und für Gewerbeflächen weiterhin mit 3 % abzuschreiben. Für die Abschreibung nach dem Umbau werden die Umbaukosten zu den anteiligen Realisierungskosten hinzugerechnet. Für die Abnutzung der Gebäudesubstanz wird ein technischer Abschreibungssatz von 1 % pro Jahr (100 Jahre Nutzung) festgelegt.

Im Investitionsmodell wird das Fremdkapital über ein Annuitätendarlehen finanziert. Durch die konstanten jährlichen Rückzahlungsbeträge wird die Berechnung im Modell vereinfacht. Die gewählten Ansätze für Tilgung und Zinsen berücksichtigen die aktuelle Zinslage im Finanzsektor. Danach lag der Effektivzinssatz im Jahr 2015 im Bereich zwischen 1,4 % p. a. und 1,8 % p. a. [6-52]. Aktuelle Zinssätze können nur bei üblichen Laufzeiten angesetzt werden, bei denen die Bank zukünftige Entwicklungen gut abschätzen kann. Für das Investitionsmodell wur-

de deshalb die Aufteilung in drei Darlehenslaufzeiten festgelegt. Das erste Darlehen läuft über 6 Jahre mit 3,0 % p. a. Tilgung und einem aktuellen Effektivzins von 1,5 % p. a. Das zweite Darlehen läuft ebenfalls 6 Jahre bei 2,0 % p. a. Tilgung und mit 4,0 % p. a. Effektivzins. Das dritte Darlehen läuft 12 Jahre bei 2,0 % p. a. Tilgung und mit 5,0 % p. a. Effektivzins.

Für das Verrechnungskonto des Investors wurde auf Basis der aktuellen Zinslage ein gestaffelter Guthabenzins von 0,1 % vom 1. bis zum 6. Jahr, von 0,5 % vom 7. bis zum 12. Jahr und von 1,0 % vom 13. bis zum 25. Jahr der Nutzungsphase festgelegt. Mit der Staffelung wird das Überwinden der aktuellen Niedrigzinsphase berücksichtigt.

Für die Steuerbetrachtung sind nur Steuerarten relevant, die tatsächlich von der Projektgesellschaft zu zahlen sind. Zu diesen zählen die Gewerbesteuer und die Körperschaftsteuer zzgl. des Solidaritätszuschlages [6-15]. Die Steuerzahlungen der Anteilseigner der Projektgesellschaft werden nicht berücksichtigt. Umsatzsteuerliche Auswirkungen bleiben im gesamten Modell unberücksichtigt, da diese unternehmensspezifisch und damit modellunabhängig sind. Bei der Gewerbesteuer ist die Steuerbemessungsgrundlage der Gewerbeertrag, auf den die Steuermesszahl von 3,5 % nach GewStG anzuwenden ist. Auf den so berechneten Steuermessbetrag wird ein Hebesatz von 460 % (gemittelt über alle deutschen B-Städte) angewendet, um die festzusetzende Gewerbesteuer zu ermitteln. Die Körperschaftsteuer, als besondere Form der Einkommenssteuer, gilt für Kapitalgesellschaften. Damit ist die Projektgesellschaft nach KStG unbeschränkt körperschaftsteuerpflichtig. Bemessungsgrundlage ist das jährlich zu versteuernde Einkommen der Projektgesellschaft. Der Steuersatz beträgt 15 % des Gewerbeertrages. Als Ergänzungsabgabe ist ein Solidaritätszuschlag von 5,5 % zu entrichten. Dieser

Referenzgebäude	Mittelwert [€]	Bandbreite der Kosten, netto [€]		Gesamtkostenverteilung in Mio. € [netto]
		5 %-Quantil	95 %-Quantil	
geringe Variabilität	12.231.000,-	9.740.000,-	15.070.000,-	
mittlere Variabilität	12.582.000,-	10.020.000,-	15.500.000,-	
hohe Variabilität	13.831.000,-	11.750.000,-	16.070.000,-	

Tab. 6.13: Realisierungskosten für Gebäude mit unterschiedlichen Variabilitätsgraden

wird als Zuschlagsatz auf die Körperschaftssteuer erhoben. Neben den Ertragssteuern ist auch die Grundsteuer zu entrichten. Diese wird nicht explizit berechnet, sondern über Anteile in den Nutzungskosten (öffentliche Abgaben) berücksichtigt.

6.8.8 Zwischenergebnisse Realisierungskosten

Auf Basis der jeweiligen Mengenermittlung und den zugehörigen Kostenkennwerten werden die Verteilungen der Kosten für die einzelnen Kostengruppen ermittelt. Durch Aufsummierung der einzelnen Kostengruppen wer-

den die Gesamtkosten der Referenzgebäude bestimmt. In Tab. 6.13 sind die berechneten Realisierungskosten (in €, netto) für die drei Ausgangsgebäude mit geringer, mittlerer und hoher Variabilität zusammengestellt. Neben dem Mittelwert und den Quantilen werden die ermittelten Wahrscheinlichkeitsverteilungen schematisch dargestellt. Beispielhaft sind in Tab. 6.14 die Realisierungskosten der einzelnen Kostengruppen für das Gebäude mit mittlerer Variabilität dargestellt.

Die wesentlichen Kostentreiber in den Leitpositionen können bei allen Gebäuden in folgenden Kostengruppen identifiziert werden:

Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten [€] (netto)	% von 300 + 400	% von Gesamt
100	Grundstück	m ² FBG	---	---	---	---	---
200	Vorbereitende Maßnahmen	m ² FBG	---	---	206.940,20	2,3	1,6
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m ² BGF	9.755	714,76	6.972.230,77	76,2	55,4
310	Baugrube/Erdbau	m ³ BGI	---	---	110.927,11	1,2	0,9
320	Gründung, Unterbau	m ² GRF	---	---	737.203,05	8,1	5,9
330	Außenwände/Vert. Baukonstr., außen	m ² AWF	5.646	524,07	2.958.842,97	32,3	23,5
340	Innenwände/Vert. Baukonstr., innen	m ² IWF	6.063	101,03	612.511,42	6,7	4,9
350	Decken/horiz.Baukonstruktionen	m ² DEF	6.706	276,05	1.851.320,54	20,2	14,7
360	Dächer	m ² DAF	1.073	255,22	273.894,12	3,0	2,2
370	Infrastrukturanlagen	---	---	---	---	0,0	0,0
380	Baukonstruktive Einbauten	m ² BGF	9.755	9,95	97.061,22	1,1	0,8
390	Sonstige Maßnahmen für Baukonstr.	m ² BGF	9.755	33,88	330.470,33	3,6	2,6
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	9.755	223,48	2.179.915,66	23,8	17,3
300+400	Bauwerk - Gesamt	m² BGF	9.755	938,24	9.152.146,43	100,0	72,7
500	Außenanlagen und Freiflächen	m ² AUF	---	---	480.614,80	5,3	3,8
600	Ausstattung und Kunstwerke	m ² BGF	9.755	46,60	454.556,61	5,0	3,6
700	Baunebenkosten	% von KG 300+400	25 %	psch.	2.288.036,61	25,0	18,2
800	Finanzierung	m ² BGF	---	---	---	0,0	0,0
Gesamtkosten					12.582.294,65	100,0 %	

Tab. 6.14: Realisierungskosten nach Kostengruppen für das Gebäude mit mittlerer Variabilität

- KG 337 Elementierte Außenwandkonstruktionen (2.030 T€ bis 2.260 T€ i. M. für die Fassade),
- KG 351 Deckenkonstruktionen (860 T€ bis 900 T€ i. M.).

Die höheren Realisierungskosten beim hoch variablen Gebäude von circa 1,25 Mio. € i. M. gegenüber dem mittel variablen Gebäude haben folgende Ursachen:

- Mehrkosten bei den Kostentreibern KG 337 (circa 230.000 €), KG 350 (circa 250.000 €),
- Mehrkosten für das dritte Treppenhaus (circa 120.000 €),
- Mehrkosten für den Innenausbau (circa 35.000 €) und
- Mehrkosten für weitere konstruktive Unterschiede der KG 200 bis KG 600 sowie den Mehraufwand in der Planung der KG 700 (circa 230.000 €).

6.8.9 Zwischenergebnisse Umbaukosten

Zu jedem Variabilitätsgrad (gering, mittel, hoch) sind aus der Erstnutzung Büro, die Umbaukosten in die verschiedenen Nutzungsarten („Hotel“, „Wohnen“ und gemischte Nutzung) zu bestimmen. Lediglich die Umnutzung des gering variablen Gebäudes in gemischte Nutzung wurde ausgeschlossen (vgl. Abschnitt 6.8.1). Damit sind für acht Szenarien Umbaukosten zu ermitteln. In Tab. 6.15 sind die Mittel- und Quantilswerte der ermittelten Kostenverteilungen für die Umbaukosten der jeweiligen Szenarien gegenübergestellt.

Es ist ersichtlich, dass innerhalb der jeweiligen Umnutzungsart die Umbaukosten mit steigendem Variabilitätsgrad sinken. Innerhalb der Szenariobetrachtung bedeutet dies, dass bei Erstinvestition in einen höhe-

ren Variabilitätsgrad die späteren Umbaukosten niedriger ausfallen, als bei der Erstinvestition in einen geringeren Variabilitätsgrad.

6.8.10 Zwischenergebnisse Nutzungskosten

Die Nutzungskostenansätze werden mit den einzelnen Flächenansätzen für Büro, Gewerbe, Lager, Hotel, Wohnen und Tiefgarage multipliziert, um die jährlichen Gesamtkosten des jeweiligen Szenarios zu ermitteln. In Tab. 6.16 sind die jährlichen Betriebskosten der acht VoFi-Szenarien gegenübergestellt.

Es ist zu erkennen, dass die Variabilität des Gebäudes einen geringen Einfluss auf die Nutzungskosten hat. Grund dafür ist die Berechnungsmethodik über den Ansatz der Nettoraumfläche für Büro, Gewerbe und Hotel sowie der Bruttogrundfläche für Wohnen. Dabei wirken die spezifischen Besonderheiten der Gebäude (Variabilität) nicht auf die Berechnung der Nutzungskosten.

6.8.11 Simulationsergebnisse und Auswertung

In den nachfolgenden Tabellen werden die Simulationsergebnisse der VoFi für die acht Untersuchungsszenarien zuzüglich eines Basisszenarios (Vergleichsszenario) dargestellt. Das Basisszenario wurde eingeführt, um die Untersuchungsszenarien mit einem definierten Worst-Case-Szenario vergleichen zu können.

Für das Basisszenario (Referenzgebäude mit geringer Variabilität) wurden folgende, von den allgemeinen Bedingungen der Untersuchungsszenarien abweichende, Vorgaben definiert:

Szenario	Umbaukosten [€, netto]		
	Mittelwert	5 %-Quantil	95 %-Quantil
Umbau von Büronutzung geringe Variabilität in Wohnen	3.142.844,53	2.725.734,60	3.577.640,98
Umbau von Büronutzung mittlere Variabilität in Wohnen	2.843.146,34	2.460.217,28	3.244.707,08
Umbau von Büronutzung hohe Variabilität in Wohnen	2.776.895,56	2.403.465,77	3.172.583,54
Umbau von Büronutzung geringe Variabilität in Hotel	6.283.265,72	5.593.662,12	7.015.000,52
Umbau von Büronutzung mittlere Variabilität in Hotel	6.012.348,10	5.349.799,12	6.695.128,64
Umbau von Büronutzung hohe Variabilität in Hotel	5.663.161,57	5.045.725,56	6.309.835,18
Umbau von Büronutzung geringe Variabilität in gemischte Nutzung	Szenario wird ausgeschlossen		
Umbau von Büronutzung mittlere Variabilität in gemischte Nutzung	2.639.466,13	2.281.007,63	3.013.881,94
Umbau von Büronutzung hohe Variabilität in gemischte Nutzung	2.603.064,93	2.247.134,22	2.970.597,72

Tab. 6.15: Umbaukosten für die Umnutzungsszenarien

Nutzungsart	Referenzgebäude geringe Variabilität	Referenzgebäude mittlere Variabilität	Referenzgebäude hohe Variabilität
Erstnutzung – Büro netto [€] (Mittelwerte)	270.000,- €	275.000,- €	274.000,- €
Folgenutzung – Wohnen netto [€] (Mittelwerte)	202.000,- €	202.000,- €	200.000,- €
Folgenutzung – Hotel netto [€] (Mittelwerte)	456.000,- €	456.000,- €	454.000,- €
Folgenutzung – gemischte Nutzung netto [€] (Mittelwerte)	Szenario wird ausgeschlossen.	245.000,- €	242.000,- €

Tab. 6.16: Überblick der jährlichen Nutzungskosten (ohne Preissteigerung)

Variabilität	Eigenkapitalrendite r_{EK} [%] (Mittelwert)	5%-Quantil	95%-Quantil	Eigenkapitaleinsatz
Bürogebäude geringe Variabilität / Basis	-8,44 %	-100,93 %	6,02 %	3.675.870,00
Bürogebäude geringe Variabilität zu Hotel	6,68 %	4,09 %	8,91 %	3.675.870,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Hotel	6,84 %	4,37 %	8,96 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu Hotel	5,84 %	3,39 %	7,91 %	4.155.570,00
Bürogebäude geringe Variabilität zu Wohnen	4,56 %	0,82 %	7,61 %	3.675.870,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Wohnen	4,76 %	1,44 %	7,57 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu Wohnen	3,25 %	-0,48 %	6,31 %	4.155.570,00
Bürogebäude mittlere Variabilität zu gemischte Nutzung	5,60 %	2,79 %	8,13 %	3.781.430,00
Bürogebäude hohe Variabilität zu gemischte Nutzung	3,99 %	0,65 %	6,70 %	4.155.570,00

Tab. 6.17: Eigenkapitalrentabilitäten im Szenarienvergleich

- keine Umbauphase, damit auch keine Umbaukosten und
- Folgenutzungsphase (Jahr 13 bis 25) mit strukturellem Leerstand sowie 0,0 % Vermietungsgrad für die Büronutzung, 50 % Vermietungsgrad für Gewerbenutzung und 50 % Vermietungsgrad für die Flächen der Tiefgarage.

In Tab. 6.17 sind die simulierten Mittelwerte, 5 %-Quantile, 95 %-Quantile, der Eigenkapitalrentabilitätsverteilungen sowie die anteiligen Eigenkapitaleinsätze für die acht Untersuchungsszenarios und das Basisszenario dargestellt. Im Anschluss daran sind in Tab. 6.18 die zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilungen abgebildet.

Bei den Szenarien „Basis“, „Wohnen“ und „Hotel“ ist der Kurvenverlauf bis in den Bereich von -100 % dargestellt, denn in diesen Fällen ist bei den Minimalwerten ein 100prozentiger Eigenkapitalverlust möglich. Diese „Ausreißer“ werden lediglich im Basisszenario beim 5 %-Quantil berücksichtigt. In allen anderen Fällen liegen die Quantilswerte im positiven (Ausnahme: Szenario hohe Variabilität, Wohnen im leicht negativen) Bereich. In der Darstellung von Tab. 6.18 verdichten sich die Quantilswerte der simulierten Wahrscheinlichkeitsverteilungen zwischen 0,0 % und 9,0 %.

Nachdem die Eigenkapitalrentabilitätsverteilungen der VoFi bestimmt wurden, sind diese miteinander zu vergleichen. Dabei sind Schlussfolgerungen zur Wirtschaftlichkeit einzelner Szenarien und dem Einfluss der Variabilität auf die Ergebnisse zu ziehen. Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit ist darauf zu achten, dass eine Bewertung der absoluten Werte (Mittelwerte und Quantile) ausschließlich unter Berücksichtigung der festgelegten Eingangsgrößen erfolgen kann. Eine Verallgemeinerung der Ergebnisse (absolute Werte der

Renditen) auf ähnliche Gebäude ist nicht möglich, denn die Eingangsgrößen sind für jedes Projekt individuell festzulegen. Die Ergebnisse können jedoch in Relation untereinander verglichen werden. Im Ergebnisvergleich wird die Vorteilhaftigkeit von bestimmten Variabilitätsgraden und Nutzungsarten beurteilt.

Im Anschluss daran werden ausgewählte Eingangsgrößen in Sensitivitätsanalysen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Renditehöhe untersucht und bewertet.

Aus Tab. 6.17 ist festzustellen, dass:

- alle Untersuchungsszenarien im Vergleich zum Basisszenario im Mittel eine positive Eigenkapitalrendite aufweisen,
- ein totaler Eigenkapitalverlust auch im ungünstigen Fall des 5 %-Quantils nur im Basisszenario möglich ist,
- die höchsten Renditen mit der Nutzungsart Hotel (Spezialimmobilie) erzielt werden, gefolgt von der gemischten Nutzung und der Wohnnutzung,
- struktureller Leerstand über einen längeren Zeitraum zwangsläufig zu negativen Renditen (Basisszenario) führt,
- die mittlere Variabilität in allen Nutzungsarten die höchste Rendite erwirtschaftet,
- bei der hohen Variabilität mit vergleichsweise hohen Realisierungskosten die geringste Rendite erzielt wird und
- bei geringer Variabilität mit den günstigsten Realisierungskosten und höchsten Umbaukosten eine mittlere Renditeerwartung zu prognostizieren ist.

Szenario	Geringe Variabilität	Mittlere Variabilität	Hohe Variabilität
Basis		kein Szenario	kein Szenario
Hotel			
Wohnen			
Gemischte Nutzung	kein Szenario		

Tab. 6.18: Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Eigenkapitalrentabilität

6.8.12 Sensitivitätsanalyse

Die Festlegung der Parameter für die Eingangsgrößen ist ein sensibler Schritt im Investitionsmodell, da viele der getroffenen Annahmen auf subjektiven Schätzungen beruhen. In Sensitivitätsanalysen wird geprüft, wie stark die schrittweise Veränderung einer Eingangsgröße den Zielwert beeinflusst. Dazu wird eine Eingangsgröße in einer definierten Schrittfolge variiert und die Änderung der Zielgröße (Eigenkapitalrentabilität) dokumentiert. In der folgenden Untersuchung werden die wichtigsten Eingangsgrößen mit der Schrittfolge -30 %, -20 %, -10 %, +10 %, +20 % und +30 % prozentual verändert. Das Ergebnis beinhaltet allerdings keine Entscheidungsregel. Vielmehr verdeutlicht es dem Entscheidungsträger, für welche Eingangsgrößen die Eingangsparameter (Minimalwert, wahrscheinlicher Wert und Maximalwert) im Vorfeld explizit zu bestimmen sind, um mit den Annahmen im Investitionsmodell eine realistische Zielgröße ermitteln zu können [6-23].

In Abb. 6.16 wird beispielhaft für das Szenario „geringe Variabilität mit Umnutzung zu Hotel“ der Verlauf der Mittelwerte für die Eigenkapitalrentabilitäten der

Eingangsgrößen mit den stärksten Einflüssen grafisch dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass die zwei Eingangsgrößen mit den ausgeprägtesten Einflüssen (Realisierungskosten Gesamt und Restbuchwert) die umhüllenden Kurven der Grafik darstellen. Weiterhin kann beispielsweise aus der grafischen Darstellung entnommen werden, dass die Verschiebungen der Realisierungskostenverteilung zu Mittelwerten zwischen $r_{EK} = 5,13\%$ und $r_{EK} = 8,60\%$ führt. Demzufolge steigt der Mittelwert auf einen Wert von $r_{EK} = 8,60\%$ wenn die Parameter der Realisierungskostenverteilung um -30% im Vergleich zu den ursprünglichen Parametern reduziert werden. Bei einer Steigerung der Parameter um $+30\%$ sinkt die Eigenkapitalrentabilität auf $r_{EK} = 5,13\%$.

Nach der Sensitivitätsauswertung innerhalb der einzelnen Szenarien, können anschließend die wesentlichen Eingangsgrößen (Hüllkurven) szenarienübergreifend miteinander verglichen werden. Nachfolgend wird dieser Vergleich am Beispiel der Realisierungskosten durchgeführt. Zunächst wird untersucht, welchen Einfluss die Realisierungskosten des jeweiligen Variabilitätsgrades innerhalb des Umbauszenarios Wohnen auf die Eigenkapitalrentabilität ausüben. In der Tab. 6.19

Variabilität	Eigenkapitalrendite r_{EK} [%] (Mittelwert)
Bürogebäude geringe Variabilität / Basis	-8,44 %
Bürogebäude geringe Variabilität zu Hotel	6,68 %
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Hotel	6,84 %
Bürogebäude hohe Variabilität zu Hotel	5,84 %
Bürogebäude geringe Variabilität zu Wohnen	4,56 %
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Wohnen	4,76 %
Bürogebäude hohe Variabilität zu Wohnen	3,25 %
Bürogebäude mittlere Variabilität zu gem. Nutzung	5,60 %
Bürogebäude hohe Variabilität zu gem. Nutzung	3,99 %

Tabelle 6.19: Auswertung innerhalb einer Umnutzungsart

Variabilität	Eigenkapitalrendite r_{EK} [%] (Mittelwert)
Bürogebäude geringe Variabilität / Basis	-8,44 %
Bürogebäude geringe Variabilität zu Hotel	6,68 %
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Hotel	6,84 %
Bürogebäude hohe Variabilität zu Hotel	5,84 %
Bürogebäude geringe Variabilität zu Wohnen	4,56 %
Bürogebäude mittlere Variabilität zu Wohnen	4,76 %
Bürogebäude hohe Variabilität zu Wohnen	3,25 %
Bürogebäude mittlere Variabilität zu gem. Nutzung	5,60 %
Bürogebäude hohe Variabilität zu gem. Nutzung	3,99 %

Tabelle 6.20: Auswertung innerhalb der mittleren Variabilität

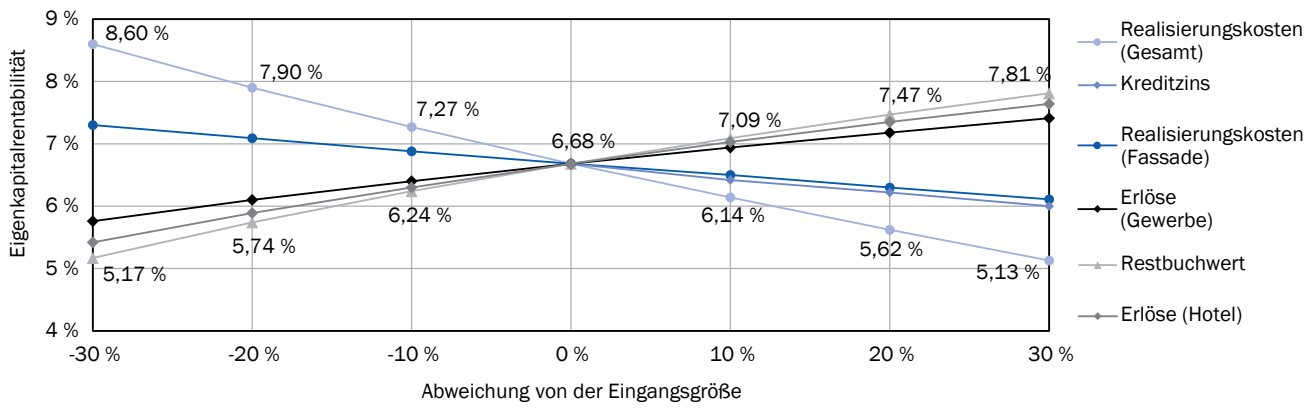


Abb. 6.16: Sensitivitätsanalyse ausgewählter Eingangsgrößen im Szenario geringe Variabilität mit Umnutzung zu Hotel

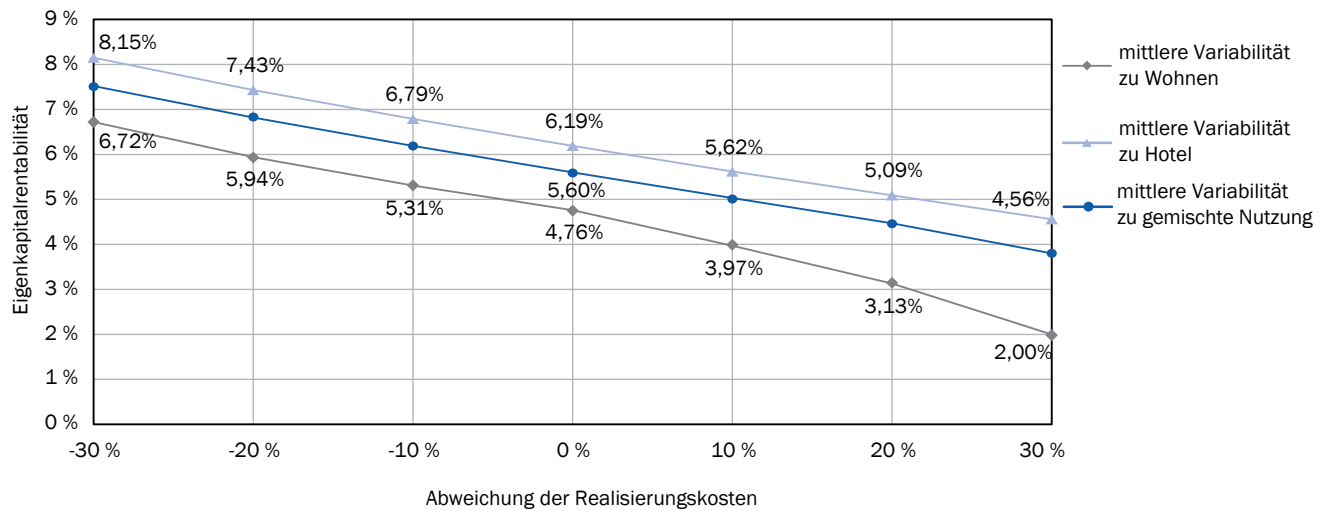


Abb. 6.17: Sensitivitätsanalyse der Realisierungskosten für Gebäude mit Umnutzung zu Wohnen

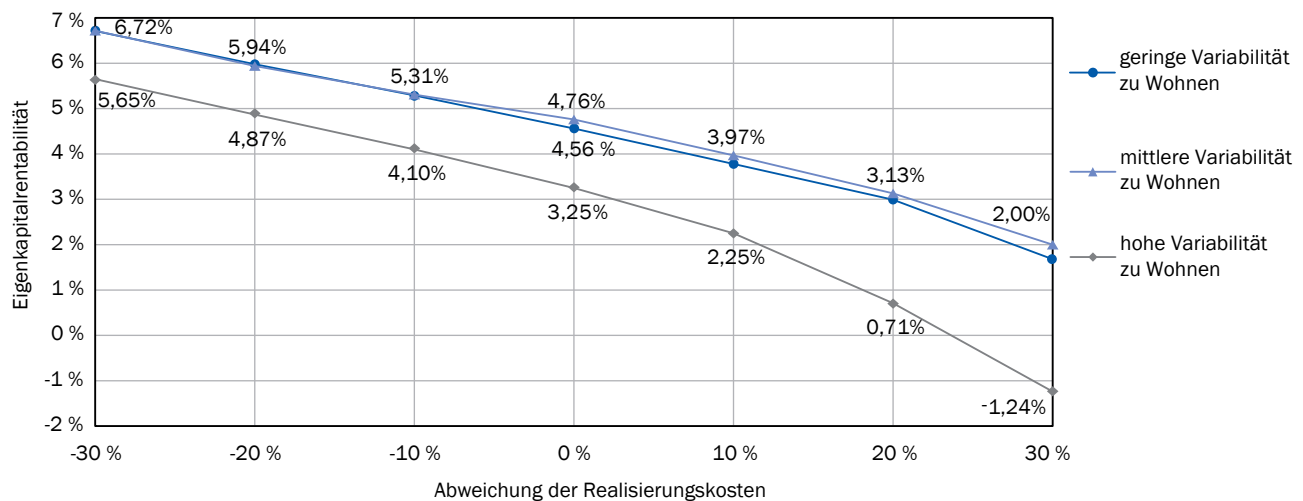


Abb. 6.18: Sensitivitätsanalyse der Realisierungskosten für Gebäude mit mittlerer Variabilität

wurden graue Einfärbungen vorgenommen, um die Szenarienauswahl zu verdeutlichen. Es wird ersichtlich, dass das Szenario mittlere Variabilität zu Wohnen, die höchste Eigenkapitalrendite ausweist.

In Abb. 6.17 ist die Sensitivitätsanalyse der Realisierungskosten zu den in Tab. 6.19 markierten Szenarien dargestellt. Bei steigenden Realisierungskosten sinkt die Eigenkapitalrendite des Szenarios hohe Variabilität vergleichsweise stärker, als es bei den anderen Szenarien der Fall ist. Dadurch sinkt bei 30 % höheren Realisierungskosten die Eigenkapitalrendite in diesem Szenario auf einen negativen Wert von $r_{EK} = -1,24 \%$.

In einer weiteren Untersuchung wird verglichen, wie die Realisierungskosten die Rendite bei verschiedenen Umnutzungsarten innerhalb eines Variabilitätsgrades beeinflussen. Dazu wurden in der Tab. 6.20 abermals die relevanten Szenarien grau eingefärbt. Es wird ersichtlich, dass sich bei allen drei Szenarien eine ähnliche Renditeerwartung abzeichnet.

In Abb. 6.18 ist hierfür die Sensitivitätsanalyse der Realisierungskosten zu den in Tab. 6.20 markierten Umnutzungsszenarien dargestellt. Bei steigenden Realisierungskosten sinkt die Eigenkapitalrendite des Szenarios mittlere Variabilität zu Wohnen vergleichsweise am stärksten. Dadurch sinkt bei 30 % höheren Realisierungskosten die Eigenkapitalrendite in diesem Szenario auf ein Minimum von $r_{EK} = 2,00 \%$.

Durch die Variation des Eigenkapitalanteils kann die Renditeerwartung weitaus mehr beeinflusst werden, als es durch Änderungen einzelner Kosten- oder Erlösbestandteile der Fall ist. In Abb. 6.19 ist die Sensitivitätsanalyse des Eigenkapitaleinsatzes und den daraus resultierenden Renditen grafisch dargestellt. Dabei

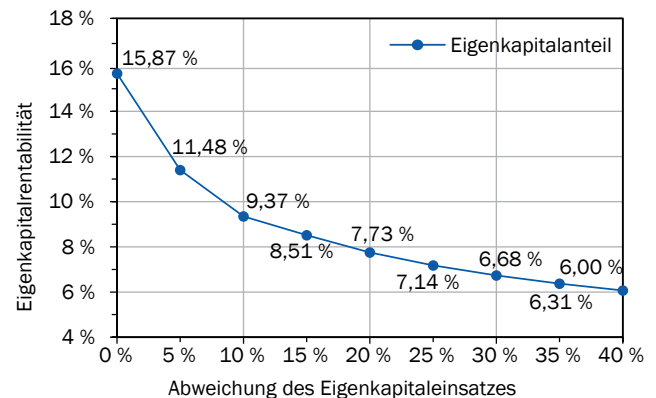


Abb. 6.19: Auswertung innerhalb der mittleren Variabilität

ist anzumerken, dass Eigenkapitalanteile unter 10 % bei Investitionsobjekten, wie sie im vorliegenden Modell untersucht wurden, nicht üblich sind.

6.8.13 Bewertung des Beispielprojekts

Jeder Investor muss sich entscheiden, in ein kostengünstiges und wenig variables Gebäude oder in ein kostenintensiveres, aber dafür hoch variables Gebäude zu investieren. Es ist unumstritten, dass ein wenig variables Gebäude zur höchsten Anfangsrendite führt. Die langfristige Sicherung dieser Rendite unterliegt jedoch zahlreichen Einflüssen, die ein Investor oft selbst nicht beeinflussen kann [6-53].

Wie die beispielhaften Untersuchungen zeigen, existieren Konstellationen, in denen Gebäude mit einer mittleren Variabilität langfristig zur höchsten Eigenkapitalrentabilität führen. Es wird verdeutlicht, dass die Variabilität eines Gebäudes bereits durch geringfügig höhere Anfangsinvestitionen erhöht werden kann und dadurch das langfristige Leerstandsrisiko reduziert und die höchste Rendite erzielt werden kann.

Literaturverzeichnis

- [6-1] Koch, J.; Gebhardt, P.; Riedmüller, F.: Marktforschung. Grundlagen und praktische Anwendungen. De Gruyter eBook-Paket Wirtschaftswissenschaften. De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 2016.
- [6-2] Kuß, A.; Wildner, R.; Kreis, H.: Marktforschung. Datenerhebung und Datenanalyse. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018.
- [6-3] Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.: Immobilienpreisindex. <https://www.deutschlandin zahlen.de/tab/deutschland/finanzen/preise/immobilienpreisindex> (Abruf: 04.05.2018).
- [6-4] Rottke, N. B.; Thomas, M.: Immobilienwirtschaftslehre - Management. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2017.
- [6-5] Brauer, K.-U.: Grundlagen der Immobilienwirtschaft. Recht - Steuern - Marketing - Finanzierung - Bestandsmanagement - Projektentwicklung. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2013.
- [6-6] Just, T.: Demografie und Immobilien. Demografie und Immobilien (2013).
- [6-7] Arens, J.: Unterscheidung nach Immobilienarten. In: Schulte, K.-W.; Bone-Winkel, S.; Schäfers, W. (Hrsg.): Immobilienökonomie I. Betriebswirtschaftliche Grundlagen, S. 83–107. De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 2016.
- [6-8] Hotelstars: Anzahl der klassifizierten Betriebe in Deutschland. <https://www.hotelstars.eu/de/deutschland/system/statistik/> (Abruf: 30.05.2018).
- [6-9] Vornholz, G.: VWL für die Immobilienwirtschaft. Studententexte Real Estate Management. De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 2014.
- [6-10] Girmscheid, G.; Lunze, D.: Paradigmenwechsel in der Bauwirtschaft - Lebenszyklusleistungen. Bauingenieur (2008), Heft 83, S. 87–97.
- [6-11] Glatte, T.: Entwicklung betrieblicher Immobilien. Beschaffung und Verwertung von Immobilien im Corporate Real Estate Management. Leitfaden des Baubetriebs und der Bauwirtschaft. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.
- [6-12] GEFMA 220-1: Lebenszykluskosten - Ermittlung im FM.
- [6-13] Schulte, K.-W.; Sotelo, Ramon, Allendorf, Georg; Ropeter-Ahlers, S.-E. et al.: Immobilieninvestition. In: Schulte, K.-W.; Bone-Winkel, S.; Schäfers, W. (Hrsg.): Immobilienökonomie I. Betriebswirtschaftliche Grundlagen, S. 579–649. De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 2016.
- [6-14] Kruschwitz, L.: Investitionsrechnung. Internationale Standardlehrbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 2014.
- [6-15] Grob, H. L.: Einführung in die Investitionsrechnung. Eine Fallstudiengeschichte. Vahlen, München, 2006.
- [6-16] Schmuck, M.: Wirtschaftliche Umsetzbarkeit saisonaler Wärmespeicher. Aus Forschung und Praxis, Band 17, 2016.
- [6-17] Kosow, H.; Gaßner, R.; Erdmann, L. et al.: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Werkstattbericht / IZT, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Heft 103. IZT, Berlin, 2008.
- [6-18] Schäfers, W.; Wurstbauer, D.: Immobilien-Risikomanagement. In: Schulte, K.-W.; Bone-Winkel, S.; Schäfers, W. (Hrsg.): Immobilienökonomie I. Betriebswirtschaftliche Grundlagen, S. 1035–1062. De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 2016.
- [6-19] Rose, P. M.: Szenario-Analyse. In: Zerres, C. (Hrsg.): Handbuch Marketing-Controlling. Grundlagen - Methoden - Umsetzung, S. 113–121. Springer Gabler, Berlin, 2017.

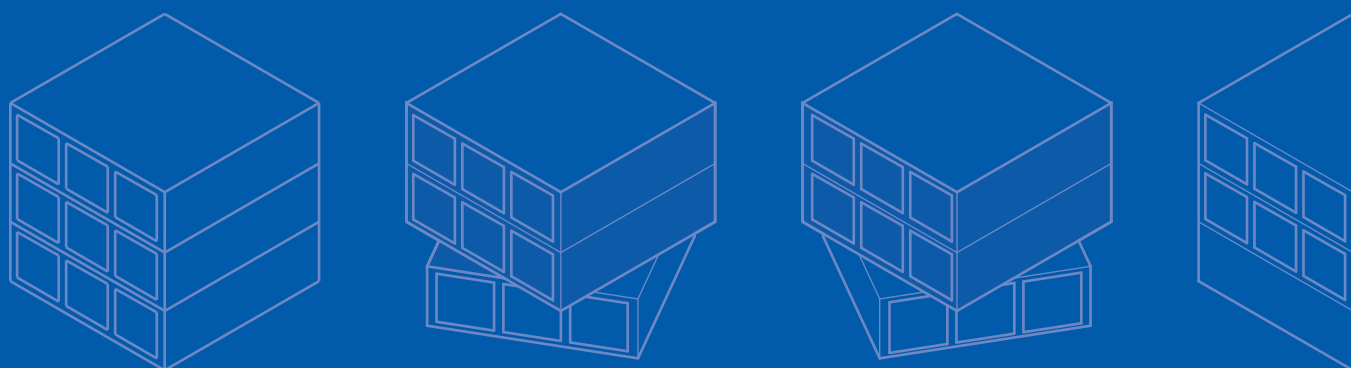
- [6-20] Hildenbrand, K.: Systemorientierte Risikoanalyse in der Investitionsplanung. Betriebswirtschaftliche Schriften, Heft 125. Duncker & Humblot, Berlin, 1988.
- [6-21] Stiefl, J.: Wirtschaftsstatistik. De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 2018.
- [6-22] Betge, P.: Investitionsplanung. Methoden, Modelle, Anwendungen. Vahlen, München, 2000.
- [6-23] Götze, U.: Investitionsrechnung. Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. Springer-Lehrbuch. Springer Gabler, Berlin, 2014.
- [6-24] Dürr, W.; Mayer, H.: Wahrscheinlichkeitsrechnung und schließende Statistik. Hanser, München, 2017.
- [6-25] Beichelt, F.: Stochastik für Ingenieure. Eine Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und mathematische Stochastik. Teubner, Stuttgart, 1995.
- [6-26] Nemuth, T.: Risikomanagement bei internationalen Bauprojekten. Aus Forschung und Praxis, Heft 6. Expert-Verlag, Renningen, 2006.
- [6-27] Fahrmeir, L.; Künstler, R.; Pigeot, I. et al.: Statistik. Der Weg zur Datenanalyse. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011.
- [6-28] Gleißner, W.: Grundlagen des Risikomanagements im Unternehmen. Controlling, Unternehmensstrategie und wertorientiertes Management. Management competence. Vahlen, München, 2011.
- [6-29] Fang, K.; Li, R.-z.; Sudjianto, A.: Design and modeling for computer experiments. Computer science and data analysis series. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL, 2006.
- [6-30] Busch, T. A.: Holistisches und probabilistisches Risikomanagement-Prozessmodell für projektorientierte Unternehmen der Bauwirtschaft, Zugl.: Zürich, Diss., Technische Wissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr. 16298, 2005. ETH, Zürich, 2005.
- [6-31] Hölscher, R.; Kalhöfer, C.: Mathematik und Statistik in der Finanzwirtschaft. Grundlagen, Anwendungen, Fallstudien. De Gruyter Oldenbourg, Berlin, München, Boston, 2015.
- [6-32] Blohm, H.; Lüder, K.; Schaefer, C.: Investition. Schwachstellenanalyse des Investitionsbereichs und Investitionsrechnung. Vahlen, München, 2012.
- [6-33] Cottin, C.; Döhler, S.: Risikoanalyse. Modellierung Beurteilung und Management von Risiken mit Praxisbeispielen. Lehrbuch. Springer Spektrum, Wiesbaden, 2013.
- [6-34] Möller, D.-A.; Kalusche, W.: Planungs- und Bauökonomie. Wirtschaftslehre für Bauherren und Architekten. Bauen und Ökonomie. De Gruyter, Berlin, Boston, 2013.
- [6-35] BKI Baukosteninformationszentrum: Baukosten Gebäude + Bauelemente + Positionen Neubau 2018. Statistische Kostenkennwerte Teil 1 + Teil 2 + Teil 3. BKI, Stuttgart, 2018.
- [6-36] SIRADOS: Baupreishandbuch 2016. Gebäudetechnik. WEKA MEDIA, Kissing, 2016.
- [6-37] Berner, F.; Kochendörfer, B.; Schach, R.: Grundlagen der Baubetriebslehre 1. Baubetriebswirtschaft. Leitfaden des Baubetriebs und der Bauwirtschaft. Springer, Wiesbaden, 2013.
- [6-38] Jones Lang LaSalle: OSCAR - Büronebenkostenanalyse. Eigenverlag, Frankfurt am Main, 2016.
- [6-39] Rotermund, U.: fm.benchmarking Bericht 2016. fm.benchmarking Berichte. Eigenverlag, Höxter, 2016.
- [6-40] Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e. V.: Richtlinie zur Berechnung der Mietfläche für Wohnraum (MF/W). Wiesbaden, 2012.
- [6-41] Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e. V.: Richtlinie zur Berechnung der Mietfläche für gewerblichen Raum (MF/G). Wiesbaden, 2017.

- [6-42] Boeger, M.: Plötz Immobilienführer Deutschland 2015. Immobilien Manager Verlag, Köln, 2015.
- [6-43] Hotelverband Deutschland (IHA) e.V.: Hotelmarkt Deutschland 2013. IHA-Service, Berlin, 2013.
- [6-44] Ropeter, S.-E.: Investitionsanalyse für Gewerbeimmobilien. Schriften zur Immobilienökonomie, Band 5. Müller, Köln, 1998.
- [6-45] Directorate-General for Research and Innovation (European Commission): Evaluation of client demand, sustainability and future regulations on the next generation of building design in steel. European Commission, Luxemburg, 2007.
- [6-46] Busch, T. A.; Girmscheid, G. (Hrsg.): Risikomanagement in Generalunternehmungen. Identifizierung operativer Projektrisiken und Methoden zur Risikobewertung. IBB, Zürich, 2003.
- [6-47] Schulte, K.-W.; Bone-Winkel, S.; Schäfers, W. (Hrsg.): Immobilienökonomie I. Betriebswirtschaftliche Grundlagen. De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 2016.
- [6-48] Handschumacher, J.: Immobilienrecht praxisnah. Basiswissen für Planer. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.
- [6-49] Swoboda, N.: Parkbauten in Stahlbeton: Hinweise zu Oberflächenschutz und Gefälle. <http://www.bi-medien.de/artikel-5461-bm-parkbauten-in-stahlbetonbauweise.bi> (Abruf: 22.05.2018).
- [6-50] Böttcher, J.; Blattner, P.: Projektfinanzierung. Risikomanagement und Finanzierung. Oldenbourg, München, 2013.
- [6-51] Scholz, S.; Wellner, K.; Zeitner, R. et al.: Architekturpraxis Bauökonomie. Grundlagenwissen für die Planungs-, Bau- und Nutzungsphase sowie Wirtschaftlichkeit im Planungsbüro. Lehrbuch. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2017.
- [6-52] Deutsche Bundesbank: Zeitreihe BBK01.SUD118. Effektivzinssätze Banken DE/Neugeschäft/Wohnungsbaukredite an private Haushalte, anfängliche Zinsbindung über 5 bis 10 Jahre. https://www.bundesbank.de/Navigation/DE/Statistiken/Zeitreihen_Datenbanken/Makrooekonomische_Zeitreihen/its_details_value_node.html?tsId=BBK01.SUD118 (Abruf: 30.05.2018).
- [6-53] Schach, R.; Harzdorf, A.; Weller, C.: Ökonomische Betrachtung variabler Bürogebäude. In: Fenner, J. (Hrsg.): Festschrift zum 60. Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Motzko, S. 677–692. Institut für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt, Darmstadt, 2017.
- [6-54] Feld, L.; Schulten, A.; Jahn, M.; Simons, H.: Frühjahrsgutachten Immobilienwirtschaft 2017 des Rates der Immobilienweisen. ZIA Zentraler Immobilien Ausschuss e. V., Berlin, 2017.
- [6-55] Statistisches Bundesamt: Preisindizes für die Bauwirtschaft. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Baupreise/BauwirtschaftPreise2170400183214.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 27.11.2018.
- [6-56] Grob, H. L.: Einführung in die Investitionsrechnung. Eine Fallstudiengeschichte. Vahlen, München, 2006.
- [6-57] Stroetmann R., Eisele J., Otto J., Hüttig L., Trautmann B., Harzdorf A., Weller C.: Einflüsse der Stahl- und Verbundbauweise auf die Lebenszykluskosten und Vermarktungsfähigkeit multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2020.



7 Erkenntnisse

Anpassungsfähige Gebäudestrukturen
zur Verlängerung der Nutzungsdauer



Objektplanung 7.1

Konstruktion 7.2

Ökonomie und Werthaltigkeit 7.3



Anpassungsfähige Gebäudestrukturen zur Verlängerung der Nutzungsdauer

Die Tragkonstruktionen heutiger Geschossbauten sind für einen Nutzungszeitraum von weit über 50 Jahre geeignet. Wie sich über diesen Zeitraum die Bedürfnisse von Nutzern verändern, lässt sich für die nahe Zukunft jedoch maximal mittelfristig einschätzen. Es ist daher davon auszugehen, dass aktuell errichtete Büro- und Geschäftshäuser aufgrund lokaler, regionaler und globaler wirtschaftlicher Entwicklungen einem mehrfachen Nutzer- und Nutzungswechsel unterliegen werden. Zusätzlich werden gesellschaftliche und technische, aber auch baupolitische und -rechtliche Entwicklungen sowie wandelnde Anforderungen an Arbeitswelten dazu führen, dass sich die Grundrisse und der Nutzerausbau von Büro- und Geschäftshäuser neu definieren müssen. Nur mittels variabler Gebäudestruktur lässt sich die Vermarktungsfähigkeit sicherstellen.

Schon heute erfordern immer kürzere Nutzungszyklen im Bürobau eine hohe Flexibilität der Gebäudestrukturen. Neubauten, die lediglich die Anforderungen der Erstenutzung erfüllen und so auf einen schnellen „Return on Investment“ ausgelegt sind, zielen auf eine kurze Lebensdauer. Die Folgen sind ein hoher Ressourcenverbrauch durch Aufwertungs-, Umbau- und Abbruchmaßnahmen, um den Anforderungen des Immobilienmarktes gerecht zu bleiben.

Als Antwort auf nicht absehbare Entwicklungen in der Gebäudenutzung sollten solide, anpassungsfähige Gebäudestrukturen entwickelt werden, die es ermöglichen, über die Ebene des Innenausbau die Anforderungen heutiger und zukünftiger Nutzer zu erfüllen. Hierfür kann der Planungsaufwand als deutlich höher eingestuft werden, da neben den typologischen Entwurfskriterien einzelner Nutzungen auch der Nachweis der Vereinbarkeit mehrerer Strukturen erbracht werden muss, ohne die Funktionalität der Gebäude und die räumlichen

Qualitäten einzelner Nutzungen nachteilig zu beeinflussen. Die nachfolgend dargestellte Zusammenfassung der Ergebnisse zur Objektplanung, Konstruktion, Ökonomie und Werthaltigkeit verdeutlichen, welche Kriterien frühzeitig im Planungsprozess für anpassungsfähige Büro- und Geschäftshäuser berücksichtigt werden müssen und welche einen geringeren Einfluss ausüben. Die ökologische und ökonomische Bewertung ergänzt die funktionale und konstruktive Betrachtung um die wesentlichen Aspekte der Nachhaltigkeit. Die Ergebnisse liefern einen wichtigen Beitrag für die Gestaltung multifunktionaler und damit langfristig nutzbarer Gebäude und der daraus resultierenden Möglichkeit, die Diversität im urbanen Raum kurzfristig zu erhöhen.

Abb. 7.1: „Diakonie Bethanien“ Mischgenutztes Gebäude mit den Nutzungen KiTa, Büro, Hotel und Palliative Care
E2A Piet und Wim Eckert / Architekten ETH BSA SIA AG
Zürich [CH] | 2017
Foto: Pablo Casals Aguirre



7.1 Objektplanung

Für den Planungsprozess anpassungsfähiger Gebäude ist die Überlagerung der verschiedenen baulichen, konstruktiven, funktionalen, technischen sowie baurechtlichen Anforderungen der in Frage kommenden Nutzungsarten entscheidend. Aus diesem Prozess heraus können frühzeitig die notwendigen Maßnahmen für eine gesteigerte Anpassungsfähigkeit des Gebäudes entwickelt und Ausschlusskriterien für mögliche Folgenutzungen bestimmt werden. Hierfür sind vorrangig die Dimension und Anordnung von entscheidenden Elementen der Gebäudegrundstruktur maßgebend, da diese nur in begrenztem Maße und mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand für Folgenutzungen angepasst werden können. Das betrifft vorrangig die rohbaurelevanten Gebäudeparameter wie die Gebäudebreite, die Tragstruktur, die lichte Geschosshöhe, die Tragfähigkeit der Geschossdecken und lastabtragender Elemente sowie die Anzahl, Position und Funktionalität von Gebäudekernen mit der vertikalen Erschließung und dem Installationsraum für die Medien der technischen Gebäudeausrüstung.

Die Dimensionen der Rohbaukonstruktion als entscheidende Kriterien der Anpassungsfähigkeit sind auf die Anforderungen der Erstnutzung sowie für unvorhersehbare aber mögliche Nutzer- und Nutzungsanforderungen auszulegen. Die Berücksichtigung von entsprechenden Reserven, wie beispielsweise Lastreserven für die Tragkonstruktion, erhöht das Umnutzungspotential. Raumgreifende Elemente, wie tragende Innenwände in Gebäudemitte, die für alternative Nutzungsarten räumlich einschränkend positioniert sein können, sind im Sinne einer hohen Anpassungsfähigkeit zu vermeiden. Baurechtliche Vorgaben an die Tragkonstruktion, wie der vorbeugende Brandschutz sind in der Erstnutzung für mögliche Nachnutzungen ggf. überzuerfüllen.

Neben den für die Gebäudegrundstruktur relevanten Bauteilen ist für die Versorgung mit Medien der TGA zu den einzelnen Nutzungseinheiten ein entsprechendes Raumangebot vorzusehen. Vorrangig für die vertikalen aber auch die horizontalen Schächte ist eine ausreichende Reserve einzuplanen, um Nachnutzungskonzepte mit einem abweichenden Bedarf für den technischen Ausbau ohne räumliche Einschränkungen umsetzen zu können. Der gebäudetechnische Ausbau in den Nutzungseinheiten orientiert sich stark an den individuellen Wünschen und Vorgaben der Nutzer bzw. der Nutzung und nur über aufwändige Maßnahmen anpassungsfähig herzustellen. Mit Definition einer im Grundriss mittig angeordneten Zone, in der untergeordnete Räume positioniert werden, lässt sich für die Verteilung der Medien in den Nutzungseinheiten ein Bereich definieren, der die Funktionalität der Nutzungseinheiten nur unwesentlich einschränkt. Sofern konstruktiv und technisch möglich, sollten bauliche Maßnahmen zur Anpassung der TGA in benachbarten Nutzungseinheiten vermieden werden.

Die Gestaltung der Fassade wird unter anderem durch Abhängigkeiten aus der Nutzung des Innenraums determiniert. Wie in Abschnitt 3.6.3 dargestellt, können die Anforderungen an die Fassade der Nutzungsarten Büro, Wohnen und Beherbergung mit annähernd identischen Fassadenstrukturen erfüllt werden. So lässt sich unter Berücksichtigung möglicher Nachnutzungen an die Gebäudehülle bereits mit der Erstnutzung ein Fassadenbild entwickeln, für das nur geringe Anpassungen im Umnutzungsprozess nötig wären. Für einen langfristige Erhalt der Fassade ist die Wahl von Wandaufbauten und Materialien sinnvoll, die einen Austausch von Teilelementen, wie beispielsweise der Wärmedämmung durch gesteckte oder verschraubte Verbindungen, erleichtern. So lässt sich auf zukünftige Anforderungen an die Fassade leichter reagieren.

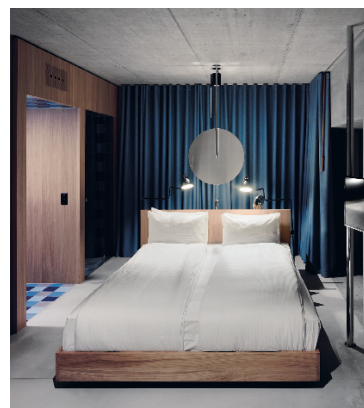
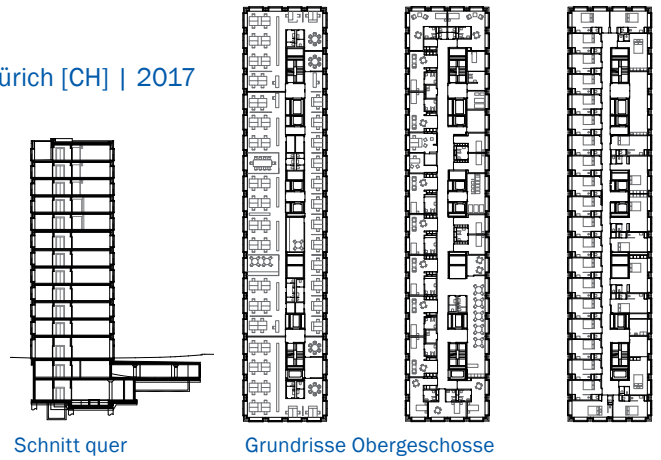
Diakonie Bethanien

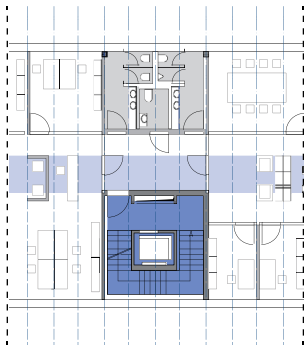
E2A Piet und Wim Eckert / Architekten ETH BSA SIA AG | Zürich [CH] | 2017
 Mischnutzung mit KiTa, Büro, Hotel und Palliativ Care

Das Gebäude wird mit einem exzentrischen und linearen Kern stützenfrei mit tragender Fassade konzipiert. Kern und Fassade bilden ein robustes Raumsystem, das den spezifischen aber auch unvorhersehbaren Nutzungen des multifunktionalen Gebäudes eine große Freiheit zugesteht. Ziel ist die Solidität als Ausgangslage für nachfolgende Ausbauten zu nutzen und sich so von einer architektonischen Abhängigkeit des Ausbaus zu befreien. [7-1]

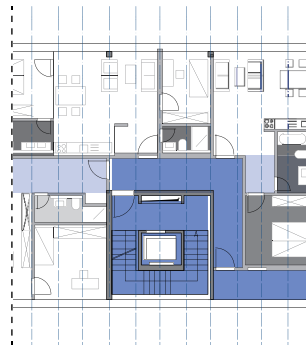
Abb. 7.2: Differenzierte Nutzung bei identischer Geschossdimension

Fotos: © Daniel Ammann (links) © Rasmus Norlander (rechts)
 Pläne: © E2A Piet und Wim Eckert / Architekten ETH BSA SIA AG

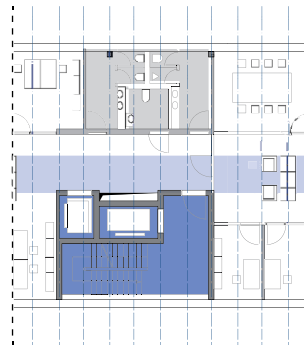




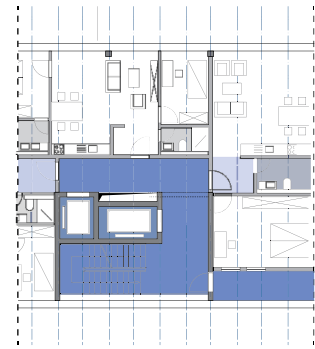
Bürogebäude „geringe Variabilität“
Flächenbedarf Gebäudekern: 32,3 m²



Wohngebäude „geringe Variabilität“
Flächenbedarf Erschließung: 53,9 m²



Bürogebäude „hohe Variabilität“
Flächenbedarf Erschließung: 47,8 m²



Wohngebäude „hohe Variabilität“
Flächenbedarf Erschließung: 56,7 m²

Abb. 7.3: Unterschiedliche Funktionalität und Flächenbedarf der vertikalen Erschließung in der Umnutzung von Büro- zu Wohngebäude mit Laubengängerschließung

Der Planungsaufwand für anpassungsfähige Gebäudestrukturen von Büro- und Geschäftshäusern liegt im Vergleich zu monofunktionalen Gebäuden höher. Mit der Überlagerung möglicher zusätzlicher Anforderungen ist im Planungsprozess zu überprüfen, inwieweit sich die Erfüllung einzelner Kriterien auf den Umnutzungsprozess sowie den Flächen- und Materialverbrauch für mögliche Nachnutzungsvarianten auswirkt. Die entstehenden ökologischen und ökonomischen Mehrbelastungen kompensieren sich im Sinne der Nachhaltigkeit durch einen längerfristigen Nutzen und eine erhöhte Funktionalität.

Der Mehraufwand einzelner baulicher Maßnahmen, die zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit führen, ist jedoch stets in Abhängigkeit von Aufwand und Nutzen bzw. mit Beantwortung der Frage nach der Relevanz einzustufen. Dies lässt sich beispielhaft an der Funktionalität der vertikalen Erschließung darstellen (vgl. Abb. 7.3). Die räumlich sehr kompakte Anordnung der Treppe um den Aufzugskern benötigt gegenüber der parallelen Anordnung von Aufzug und Treppe weniger Fläche, die deutlich unter dem Flächenbedarf für den zusätzlichen Aufzug liegt. Für einen Umnutzungsprozess von Büro- zu einem Wohngebäude, bei dem die Wohneinheiten in Teilen über Laubengänge erschlossen werden, wird für die kompakte Anordnung eine zusätzliche Erschließungsfläche notwendig, um über einen „Bypass“ von Gebäudemitte zu dem notwendigen Laubengang zu gelangen. In der parallelen Anordnung ließe sich vom Podest aus ein an der Außenfassade liegender Zugang zum Laubengang mittels (vorbereitetem) Durchbruchs nachträglich herstellen. Der erneute Vergleich der beiden Situationen zeigt, dass im ungebauten Zustand der Flächenverbrauch annähernd identisch ist. Die ursprünglich kompakte Anordnung des Gebäudekerns erweist sich im umgebauten Zustand funktional als schwierig und erzeugt für die Erschließung eine schwierige Raumabfolge.

Die objektplanerische Untersuchung der Anpassungsfähigkeit verdeutlicht, dass die Einbeziehung von Nutzungsszenarien bereits im Entwurfsprozess stattfinden muss, um mit ökonomisch moderatem Aufwand die monofunktionale Nutzungsmöglichkeit um weitere Nutzungsmöglichkeiten zu erweitern. Es ist ratsam, nicht grundsätzlich hoch anpassungsfähige Gebäude zu entwickeln, sondern gezielt diejenigen Kriterien zu erfüllen, die für einen standort- und nutzungsspezifischen Mehrwert sorgen. Bei unverhältnismäßigem Aufwand für das Erfüllen von Kriterien können diese bei entsprechender Vorleistung auch auf den Umnutzungsprozess verschoben werden.

Letztendlich wird erst durch die frühe Berücksichtigung von Folgenutzungen ein kosten- und bauzeitreduzierter Umbau ermöglicht, der die Werthaltigkeit und Langlebigkeit von Gebäuden steigert.

7.2 Konstruktion

Neben den Anforderungen der Objektplanung sind die konstruktiven und ökologischen Auswirkungen einer verbesserten Anpassungs- und Umnutzungsfähigkeit von Büro- und Geschäftshäusern zu berücksichtigen. Dabei spielt der Einfluss der Nutzlasten, die Wahl der Deckensysteme und die Integration der TGA eine übergeordnete Rolle. Darüber hinaus sind weitere Aspekte, wie beispielsweise der Brandschutz, die Auswirkungen der Konstruktionshöhe auf die Fassadenkonstruktion und der Einfluss der Deckenlasten auf die Gründung von Bedeutung. Im Folgenden werden Empfehlungen für die Wahl der Trag- und Brandschutzkonstruktion im Hinblick auf die Ökologie und Umnutzungsfähigkeit bei multifunktionalen Geschäftshäusern gegeben.

Die Vorteile der Unterzugdecken mit Verbundträgern liegen in der stützenfreien Überspannung der Grundrisse und dem verfügbaren Raum für die technische Gebäudeausstattung. Ein enger Trägerabstand bietet gegenüber einem weiten Abstand den Vorteil, dass das Deckengewicht deutlich niedriger ist und der Gebäudegrundriss mit moderater Konstruktionshöhe überspannt werden kann. Durch die Trägerhöhen wird dennoch ausreichender Installationsraum geschaffen, der die Integration von Lüftungssystemen sowie Entwässerungsleitungen ermöglicht. Ein weiter Trägerabstand führt hingegen bei der Tragkonstruktion zu geringeren Realisierungskosten, da im Vergleich zum engen Trägerabstand keine Querträger erforderlich werden und der Montageaufwand reduziert wird. Die monetären Einsparungen können jedoch bei der Wahl einer hochpreisigen Fassadenkonstruktion infolge der vergrößerten Fassadenfläche gemindert werden. Generell kann die Anwendung von Unterzugdeckensysteme ohne Mittelunterstützung für die Planung multifunktionaler Gebäude empfohlen werden. Zu

beachten ist dabei vor allem die Wahl eines geeigneten Brandschutzsystems. Die Entscheidung für einen engen oder weiten Trägerabstand sollte letztendlich in Abhängigkeit des Fassadensystems erfolgen.

Flachdeckensysteme erfordern häufig eine Mittelunterstützung. Die Gestaltungs- und Umnutzungsfähigkeit eines Gebäudes kann hierdurch eingeschränkt werden. Durch die Kombination von Flachdeckenträgern mit hohen Profilblechen können Konstruktionen bis 14 m Spannweite auch mittelstützenfrei umgesetzt werden. Der Baustoffbedarf und ökologische Aufwand der Flachdeckensysteme liegt, sowohl mit als auch ohne Mittelunterstützung jedoch deutlich über vergleichbaren Unterzugdeckensystemen. Ein Vorteil kann durch die geringe Bauhöhe erzielt werden, die zu einer Verringerung der ökologischen und monetären Aufwendungen der Fassade führt. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Gebäudetechnik bei Flachdecken nur unter dem Tragsystem angeordnet werden kann, wodurch die Bauhöhe wieder erhöht wird. Die Anordnung der TGA sollte daher auf Flurbereiche beschränkt werden. Flachdeckensysteme setzen somit eine intelligente Planung voraus, um die Umnutzungsfähigkeit eines Gebäudes und die Anpassungsfähigkeit der Gebäudeausstattung im Lebenszyklus nicht zu beschränken. Es wird empfohlen mögliche Nutzungsszenarien für den Lebenszyklus des Gebäudes bereits im Planungsprozess zu berücksichtigen und somit eine langfristige Umnutzungsfähigkeit zu gewährleisten.

Multifunktionale Deckensysteme bieten eine sehr hohe Anpassungsfähigkeit an verschiedene Nutzeranforderungen. Bei Systemen wie beispielsweise dem TOPfloor Integral® in Negativlage, dem Slimline oder dem InaDeck-System kann die TGA im Bereich des Doppelbodens untergebracht werden. Somit wird eine

geschossweise Umnutzung des Gebäudes ermöglicht, ohne andere Geschosse zu beeinflussen. Ein vollständiger Leerstand wird vermieden und die Rentabilität des Gebäudes erhöht. Weitere Vorteile stellen die geringe Bauhöhe, das geringe Eigengewicht sowie der hohe Vorfertigungsgrad der Systeme dar. Sowohl die Kosten als auch die ökologischen Auswirkungen der multifunktionalen Deckensysteme sind deutlich höher als bei Unterzugdeckensystemen. Für Gebäude in wirtschaftlich starken Lagen mit einem häufigen Wechsel der Nutzeranforderungen wird die Anwendung dennoch empfohlen.

Die Brandschutzkonstruktion besitzt im Vergleich zu anderen Gebäudekomponenten in der Gesamtbetrachtung zunächst nur einen geringen Einfluss. Über die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes kann jedoch aufgrund eines mehrfach erforderlichen Austausches oder der Einschränkungen der Umnutzungsfähigkeit die Wahl eines geeigneten Systems zunehmend an Bedeutung gewinnen. Brandschutzverkleidungen aus Brandschutzplatten oder Putzen stellen eine ökologisch effiziente und kostengünstige Lösung dar. Zudem ermöglichen Sie eine schnelle Anpassung des Brandschutzes bei Veränderungen am Innenausbau oder der TGA. Beachtet werden sollte die Lebensdauer der Brandschutzsysteme. Ein Austausch im Lebenszyklus des Gebäudes führt zu einer teilweisen bis vollständigen Einschränkung der Nutzbarkeit. Kammerbeton weist als Brandschutzmaßnahme zunächst einen hohen ökologischen und monetären Einfluss auf. Dabei ist jedoch die häufig erzielbare, höhere Tragfähigkeit bei Trägern und vor allem bei Stützen im Kaltzustand zu berücksichtigen, die es ermöglicht, den Querschnitt der Stahlkonstruktion zu reduzieren. Vor allem bei einer höheren Feuerwiderstandsdauer stellen kammerbetonierte Konstruktionen daher eine wirtschaftliche und ökologische alternative zu nachträglich angebrachten Brandschutzmaßnahmen dar. Einen weiteren

Vorteil bietet die uneingeschränkte Lebensdauer. Dies erfordert jedoch auch eine verstärkte Beachtung bei der Planung eines Gebäudes. Um spätere Anpassungen der TGA zu ermöglichen müssen Öffnungen als Installationsreserve vorgehalten werden. Andernfalls ist mit hohen Anpassungskosten zu rechnen.

Der Vergleich der Referenzgebäude in Kapitel 5 verdeutlicht den hohen Einfluss der Fassadenkonstruktion auf die Ökobilanz und Kosten eines Gebäudes mit zunehmender Lebensdauer. Eine besondere Bedeutung erhält somit die zielgerichtete Abstimmung des Deckensystems auf die gewünschte Fassadenlösung. Die höchste Umnutzungsfähigkeit von Gebäuden wird durch moderne Elementfassaden erreicht. Bei Änderungen der Nutzeranforderungen können mit wenig Aufwand opake Elemente und Verglasungen ausgetauscht werden. Sowohl die Kosten als auch die ökologischen Aufwendungen der Elementfassaden übersteigen die von massiven Loch- oder Bandfassaden jedoch deutlich. Ebenso steigt mit dem Anteil der Verglasung einer Fassade der Wärmeverlust woraus höhere Belastungen in der Nutzungsphase eines Gebäudes resultieren.

Bei Loch- und Bandfassaden wird die Ökologie vor allem durch die Wahl der Fensterelemente und die Außenverkleidung beeinflusst. Eine ungünstige Konstruktionswahl kann unter Umständen zu vergleichbaren ökologischen Belastungen wie bei Elementfassaden führen. Wird eine massive, nichttragende Fassadenkonstruktion ausgeführt muss die zusätzliche Last auf die Deckenkonstruktion berücksichtigt werden. Die Anwendung einer Konstruktion mit Randträger wird dann in der Regel erforderlich. Die geringere Anpassungsfähigkeit an verschiedene Nutzerbelange sollte bereits im Planungsprozess im Hinblick auf standortbezogene Umnutzungsszenarien berücksichtigt und überprüft werden.

7.3 Ökonomie und Werthaltigkeit

Zusätzlich zu den dargestellten objektplanerischen, konstruktiven und ökologischen Anforderungen stellt sich die Frage, inwieweit die notwendigen Mehrinvestitionen aus ökonomischer Sicht sinnvoll sind. Hierfür ist zunächst zu entscheiden, ob in ein auf die Erstnutzung optimiertes oder in ein für Folgenutzungen anpassungsfähiges Gebäude investiert werden soll. Im ersten Fall ist die Investitionssumme geringer und die Anfangsrendite höher. Aufgrund der fehlenden Anpassungsfähigkeit des Gebäudes bei sich ändernden Nutzeranforderungen ist jedoch keine lange wirtschaftliche Nutzungsdauer zu erwarten. Das Risiko von Verlusten durch Mietausfälle ist höher zu bewerten. Das Beispiel des durch monofunktionale Bürogebäude geprägten Stadtteils Frankfurt-Niederrad macht deutlich, dass sich Markteinflüsse erheblich auf die Vermietbarkeit und Erlöse für Büroimmobilien auswirken und der Abriss oder Umbau der Gebäude mit erheblichen zusätzlichen Investitionen verbunden sein kann. Bei anpassungsfähigen Gebäuden ist die anfängliche Investitionssumme höher und die Anfangsrendite entsprechend geringer. Die Vorteile liegen jedoch in einer besseren Vermarktungsfähigkeit und Wertstabilität, sodass in der langfristigen Perspektive Investitionen in eine variabler nutzbare Bausubstanz lohnend sind. In der Lebenszyklusbetrachtung lassen sich bei anpassungsfähigen Gebäuden durch ihre Umnutzungsfähigkeit höhere Erlöseinnahmen sichern und Erlösausfälle in Umbauphasen durch kurze Umbauzeiten reduzieren.

Bei den im Rahmen des Forschungsprojektes [7-2] untersuchten Referenzgebäuden mit Büronutzung konnte nachgewiesen werden, dass eine „mittlere Variabilität“ in allen untersuchten Nutzungsänderungen (Umnutzung in Hotel, Wohnen, gemischte Nutzung) mit den vorgenannten konstruktiven Maßnahmen zur Schaffung

der Anpassungsfähigkeit langfristig zu den höchsten Renditen führt. Es ist daher jedem Investor anzuraten, die Variabilität seiner Gebäudeentwürfe für einen langen Nutzungshorizont qualitativ und monetär zu bewerten. Maßgebende Kriterien dazu sind die Kosten für die Herstellung des Gebäudes, mögliche Umbauszenarien und die Umbaukosten, die Kosten der Gebäude-nutzung, die erzielbaren Erlöse und der zugehörige Vermietungsgrad. Weiterhin sind Mietausfälle und steuerliche Aspekte in der Bewertung zu berücksichtigen. Mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse können darauf aufbauend die signifikanten Einflussparameter der Rendite nachgewiesen werden.

Zusätzlich zu den genannten Kosten- und Erlösfaktoren sind die investorenspezifischen Standortfaktoren in eine umfassende ökonomische Bewertung einzubeziehen und mögliche zukünftige Nutzungsvarianten mit der prognostizierten Standortentwicklung abzugleichen.

Literaturverzeichnis

- [7-1] Baunetz Architektenprofil E2A: Diakonie Bethanien - Ein Haus für die Stadt. <https://www.baunetz-architekten.de/e2a-piet-eckert-und-wim-eckert/401316/projekt/5540142>, Letzter Zugriff: 14. November 2019.
- [7-2] Stroetmann R., Eisele J., Otto J., Hüttig L., Trautmann B., Harzdorf A., Weller C.: Einflüsse der Stahl- und Verbundbauweise auf die Lebenszykluskosten und Vermarktungsfähigkeit multifunktionaler Büro- und Geschäftshäuser. Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2020.



