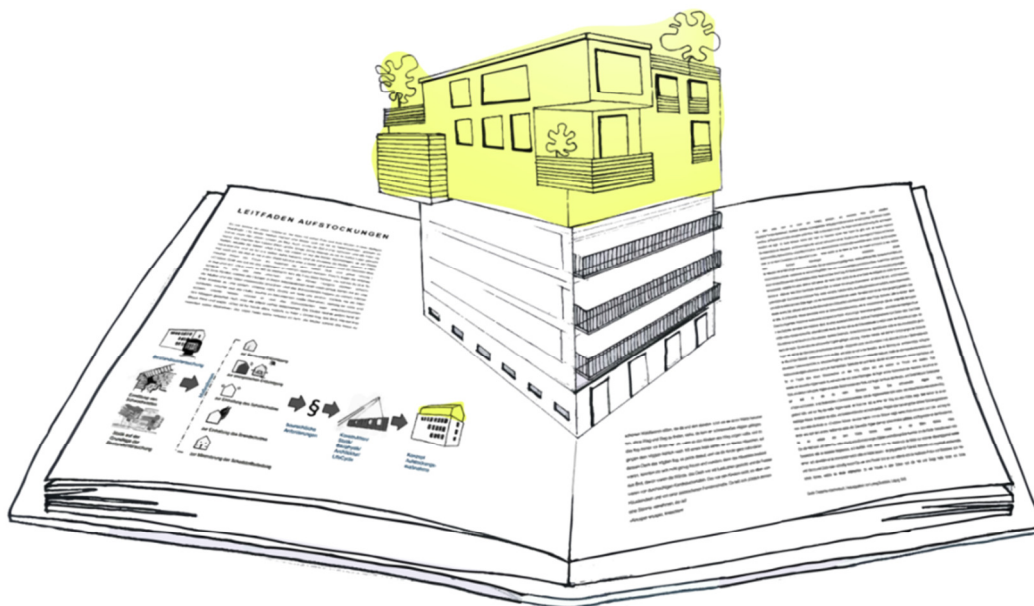


# Abschlussbericht

zu dem mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung geförderten Forschungsprojektes



**„Leitlinie zur Vereinfachung der Planung und Durchführung von Aufstockungs- / Erweiterungsmaßnahmen als Nachverdichtungsmaßnahme in innerstädtischen Bereichen“**

SWD – 10.08.18.7 – 17.21

01. Juni 2019





## Förderer:

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Forschungsinitiative Zukunft Bau, Referat II 3, Deichmanns Aue 31-37, 53179 Bonn (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

---

Antragssteller und Zuwendungsempfänger:

## Aktenzeichen:

Institut für Baukonstruktion und Holzbau – TU Braunschweig  
SWD – 10.08.18.7 – 17.21

---

Forschungsthema:

Leitlinie zur Vereinfachung der Planung und Durchführung von Aufstockungs- / Erweiterungsmaßnahmen als Nachverdichtungsmaßnahme in innerstädtischen Bereichen

---

Bewilligungszeitraum:

01.06.2017 – 01.06.2019

## Berichtszeitraum:

01.06.2017 – 01.06.2019

---

Durchführende Institutionen:

Institut für Baukonstruktion und Holzbau – TU Braunschweig  
Schleinitzstraße 21 A, 38106 Braunschweig

Lehrstuhl für Ressourceneffizientes Bauen – Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion – TU München  
Arcisstraße 21, 80333 München

---

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Mike Sieder (Institut für Baukonstruktion und Holzbau – TU Braunschweig)

---

Autorenvermerk:

Der vorliegende Forschungsbericht wurde durch die folgenden Autoren verfasst:

Dipl.-Ing. Maren Fath

Michael Storck, M.Sc.

Christoph Kurzer, M.Sc.

Steffen Willmy, M.Sc.

Joachim Schridde, M.Sc.

Prof. Dr.-Ing. Mike Sieder

Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner

Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Prof. Dr.-Ing. Tanja Kessel

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Berichtes liegt bei den Autoren.

## **Projektpartner**

### **TU Braunschweig – Institut für Baukonstruktion und Holzbau**

Dipl.-Ing. Maren Fath

Prof. Dr.-Ing. Mike Sieder

### **Ruhr-Universität Bochum – Lehrstuhl für Ressourceneffizientes Bauen**

Michael Storck, M.Sc.

Prof. Dr.-Ing Annette Hafner

### **TU München – Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion**

Christoph Kurzer, M.Sc.

Dr.-Ing. Norman Werther

Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

### **TU Braunschweig – Lehrstuhl für Infrastruktur- und Immobilienmanagement**

Joachim Schridde, M.Sc.

Steffen Willmy, M.Sc.

Prof. Dr.-Ing. Tanja Kessel

### **Das Forschungsprojekt wurde finanziell unterstützt von:**

Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen (MFPA) Leipzig mbH

Baufritz GmbH & Co. KG Erkheim

VBW Bauen und Wohnen GmbH Bochum

ABG Frankfurt Holding

Nibelungen-Wohnbau-GmbH Braunschweig

### ***Kurzfassung***

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, das Potential von baulichen Maßnahmen der Aufstockung als innerstädtische Nachverdichtungsmaßnahme durch die Verringerung des Planungsaufwands signifikant zu erhöhen. Hierzu wurde ein Leitfaden erarbeitet, der wesentliche Indikatoren und Parameter, die für eine umfassende Bewertung einer Aufstockungsmaßnahme im Kontext des Bestandsgebäudes notwendig sind, einschließt. Der Entscheidungsprozess soll gezielt ausgerichtet und damit insgesamt der Planungsaufwand deutlich verringert werden.

Gleichfalls dient der Leitfaden als Orientierungs- und Entscheidungshilfe für Planer, die zum ersten Mal mit der Planung einer Aufstockungsmaßnahme konfrontiert sind. Der Leitfaden zeigt die Problematiken bei der Planung und Durchführung von Aufstockungsmaßnahmen dezidiert auf und gibt Hinweise für Lösungsmöglichkeiten.

Jeder Bestand bringt seine Eigenheiten mit sich, auf welche die Planung der Aufstockungsmaßnahme ausgerichtet werden muss. In diesem Vorhaben wurde hierzu die Gebäudetypologie nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) um die notwendigen Informationen für die Planung einer Baumaßnahme im Bestand erweitert. Die Typologien wurden dazu nach Größe der Gebäude in „Kleine Häuser“ und „Große Häuser“ eingeteilt. Für diese wurden typische Konstruktionen, Mängel und Schäden sowie verbaute Schadstoffe ergänzt, welche für die Planung von Bedeutung sind.

Im Weiteren wurde innerhalb einer Grundlagenermittlung zur Planungsvorbereitung erläutert, welche Herausforderungen die Aufnahme und Untersuchung des Bestandes darstellen, um den Planern aufzuzeigen, wie Planungsfehler vermieden und Risikofaktoren bereits in der Planungsphase verringert werden können. Mit der Gebäudetypologie und den Ergebnissen der Grundlagenermittlung können anhand der weiteren Inhalte des Leitfadens Anforderungen und Lösungen zu den Themen Tragwerk, Baurecht, Brandschutz, Nachhaltigkeit sowie Wirtschaftlichkeit und Risikobewertung bestimmt werden.

Da bei der Planung einer Aufstockungsmaßnahme im Vergleich zur Sanierung eines Bestandes zusätzliche statische Anforderungen an den Bestand zu stellen sind, ist die Bestandsaufnahme von besonderer Bedeutung für die Planung. Da es außerdem wirtschaftlich und statisch von Vorteil ist, wenn der Bestand nur geringfügig durch zerstörende Prüfverfahren beeinträchtigt wird, wurde innerhalb des Projektes die Methode der Thermographie genutzt, um strukturelle Schwachstellen des Bestandes zu identifizieren. Mit Hilfe der Ergebnisse können weitere Untersuchungen gezielt geplant werden. Beispielsweise können für Mauerwerkskonstruktionen die geeigneten Stellen für eine Festigkeitsuntersuchung identifiziert werden.

Im Rahmen der baurechtlichen Regelungen gibt es in Deutschland aufgrund des föderalen Systems der Bundesländer vielfältige Anforderungen, die eine Aufstockung zu erfüllen hat. Hierzu sind die Regelungen erläutert, auf die man bei einer Aufstockungsmaßnahme achten muss. Der wichtigste baurechtlich zu beachtende Punkt ist hierbei der Brandschutz, der derzeit in den Landesbauordnungen für jedes Bundesland separat geregelt ist. Da es bei einer Aufstockungsmaßnahme oftmals zu einem Wechsel der Gebäudeklasse kommt, ist in der Planung darauf zu achten, dass nicht nur die Aufstockung selbst erhöhte Anforderungen gemäß der neuen Gebäudeklasse erfüllen muss, sondern ebenfalls das Bestandsgebäude. Da dies baulich zu Problemen führen kann, ist zu prüfen, ob Abweichungen von den baurechtlichen Vorgaben möglich sind und wie diese kompensiert werden können. Diesbezüglich gibt der Leitfaden weitere Hinweise zum Brandschutz sowie zur Beantragung von Abweichungen im Brandschutzkonzept einer Aufstockungsmaßnahme.

Des Weiteren wurden innerhalb des Projektes die maßgeblichen Regelungen des Brandschutzes als Teil der Landesbauordnungen zusammengefasst und für alle 16 Bundesländer in Tabellenform vergleichend gegenübergestellt.

Bei Aufstockungsmaßnahmen handelt es sich um Maßnahmen des Bauens im Bestand. Oftmals ist dies mit Umbauten sowie mit dem Rückbau von Bauteilen verbunden, die eventuell Schadstoffe enthalten. Die Gebäudetypologie nach IWU berücksichtigt solche Schadstoffe derzeit nicht. Die im Anhang befindliche Gebäudetypologie wurde dementsprechend um die in der jeweiligen Baualtersklasse üblicherweise verbauten Schadstoffe erweitert. Zusätzlich werden für die verschiedenen Schadstoffe rechtliche Bedingungen für die Entsorgung zusammengestellt und Hinweise auf die Beprobung gegeben.

Um die Nachhaltigkeit einer Aufstockungsmaßnahme als Nachverdichtungsmaßnahme in innerstädtischen Bereichen, ohne zusätzlichen Flächenverbrauch, weiter zu steigern, wurde eine ökologische Bewertung in Form einer Ökobilanzierung durchgeführt. Hierbei wurde deutlich, dass die Methode der Ökobilanzierung noch nicht für die Anwendung an einer Aufstockungsmaßnahme geeignet ist. Für die betrachteten Bestandsgebäude ergaben sich dennoch einige Ergebnisse, die für eine weitere Anpassung und Untersuchung der Methode im Hinblick auf die Anwendbarkeit bei Aufstockungsmaßnahmen herangezogen werden können.

Die Ergebnisse der Ökobilanzierung können durch die ermittelten Lebenszykluskosten weiterhin für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verwendet werden. Da sich der Leitfaden zum Ziel setzt, auch die Kostensicherheit zu erhöhen, wurden innerhalb einer solchen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die bisher ermittelten Risikofaktoren verwendet, um Bestandshaltern frühzeitig wirtschaftliche Kennzahlen als relevante Entscheidungsgrundlage für oder gegen eine Investition geben zu können. Abschließend werden einige allgemeine Planungshinweise zusammengefasst, welche Probleme berücksichtigen, die während der Betrachtung verschiedener Aufstockungsprojekte aufgetreten sind.

### ***Abstract***

The aim of this project was to significantly increase the potential of vertical building extensions as an urban densification measure by substantially reducing the planning effort. Therefore a guideline has been developed, which includes essential indicators and parameters that are necessary for a comprehensive assessment of an existing building, in order to be able to manage the decision process and thereby reduce the planning effort.

Likewise the guideline serves as an orientation and decision support for planners who handle a vertical building extension for the first time. For this purpose, the guideline identifies the problems involved in the planning process and the implementation of vertical building extensions and indicates possible solutions.

Vertical building extensions are retrofitting actions on existing buildings. The planning process must be aligned to each building's own characteristics. Hence, this project is based on the building typology of the Institut Wohnen und Umwelt (IWU) and supplements the necessary information regarding vertical building extensions. The building typologies were classified according to their size and grouped into "Small Houses" and "Large Houses". For these groups typical constructions, defects and damages as well as building contaminants were added as important information of the building types.

Furthermore the guideline provides information on challenges along the inspection of an existing building to avoid risks as early as possible in the planning phase. Based on the building typology the guideline can be used to determine requirements and solutions in the fields structure, building law, fire protection, sustainability as well as economic feasibility and risk assessment

Due to the fact that a vertical building extension leads to additional structural requirements to the existing structure, the inspection of the existing building is of particular importance. Additionally, it is of economic and structural advantage if the existing building is only minimally affected by destructive testing methods. Within this project the method of infrared thermography was used to identify structural weaknesses of the existing building. Using these results further examinations can be considered specifically. For example, the suitable locations to determine the structural strength of a masonry structure can be identified.

Due to the federal system of the Bundesländer and as part of the building regulations Germany provides numerous demands a vertical building extension has to pervade. The guideline explains the regulations that have to be taken into account for a vertical extension of a building. The most important aspect to be considered in this case is fire protection, which is currently regulated separately in each Bundesland. Since a vertical building extension can lead to a change in building classes, it must be considered that not only the extension must meet these requirements, but also the existing building. This can lead to structural problems, which is why the possibility of deviations from these rules must be assessed and how these deviations can be compensated. Therefore further information on fire protection and on requesting deviations in a concept especially fitted to vertical building extensions is given.

The relevant regulations of fire protection were summarized and categorized and compared in tables for all 16 Bundesländer.

Vertical building extensions are often associated with retrofitting's and deconstructions of structures that may contain contaminants. In the typology of IWU these contaminants were not taken into account, which is why the building typology in the annex was extended according to the contaminants

used in the respective building period of the existing building. The guideline gives legal conditions for the disposal of contaminants as well as instructions for sampling the existing building regarding contaminants.

In order to increase the sustainability of a vertical building extension as a densification measure in inner city areas, without additional land use, an ecological assessment in form of an LCA is carried out. It became clear that the method of life cycle assessment is not yet suitable for application in vertical building extensions. Nonetheless, some results could be obtained that indicate the required adaptations to the method in order to be able to apply it to vertical building extensions.

The results of the LCA can also be used for a profitability analysis through the determined life cycle costs. Since the guideline sets the aim to increase the cost security, the so far determined risk factors were used within such a profitability analysis, in order to be able to give stockholders economic key figures as decision guide for or against an investment.

Finally, the guideline summarizes notes for planning a vertical building extension that take into account issues encountered while reviewing various top-up projects.

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	III
Abstract .....	V
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Ziel.....	1
1.2 Handhabung des Leitfadens.....	2
1.3 Möglichkeiten und Grenzen.....	3
<b>2 Grundlagenermittlung.....</b>	<b>7</b>
2.1 Bestandsaufnahme.....	7
2.1.1 Bestandsunterlagen.....	7
2.1.2 Begehung und Bauaufnahme .....	8
2.1.3 Bestands- und Bauteilgeometrie .....	9
2.1.4 Bauteilaufbau und Konstruktion.....	11
2.1.5 Schäden.....	12
2.1.6 Methoden der Bauaufnahme .....	13
2.1.7 Übersicht durch Thermographie.....	14
2.2 Gebäudetyp und Bestandsdatenblätter.....	15
2.3 Bestandsdiagnostik.....	19
2.3.1 Untersuchungsplan.....	20
<b>3 Zustandsanalyse und Bewertung hinsichtlich Tragwerk .....</b>	<b>23</b>
3.1 Ermittlung der Tragstruktur .....	23
3.1.1 Fundament .....	24
3.1.2 Tragende Wände.....	28
3.1.3 Oberste Geschossdecke .....	29
3.1.4 Dächer.....	30
3.2 Maßnahmen zur Wiederherstellung der Tragfähigkeit .....	34
3.2.1 Fundament .....	34
3.2.2 Tragende Wände.....	35
3.2.3 Oberste Geschossdecke .....	36
3.3 Aufstockungsgeometrie .....	37
3.4 Bemessungshinweise.....	38
3.4.1 SIA 269 „Erhaltung von Tragwerken“ .....	38
3.4.2 Hinweise der ARGEBAU .....	39
3.5 Vergleichsrechnung Einwirkungen.....	42

3.5.1	Einwirkungen aus Eigengewicht.....	42
3.5.2	Einwirkungen aus Nutzlast.....	46
3.5.3	Einwirkungen aus Schneelast.....	46
3.5.4	Einwirkungen aus Windlast.....	47
3.5.5	Resultierende Last auf den Bestand.....	48
<b>4</b>	<b>Baurecht.....</b>	<b>51</b>
4.1	Regelung und Erlöschen des Bestandsschutzes.....	51
4.2	Anforderungen durch das Bauplanungsrecht.....	52
4.3	Rechtliche Vorgaben des Bauordnungsrechts.....	55
4.3.1	Grundlegende Struktur im Bauordnungsrecht.....	55
4.3.2	Abstandsflächen.....	57
4.3.3	KFZ-Stellplätze.....	58
4.3.4	Personenaufzug.....	58
4.3.5	Barrierefreiheit.....	59
4.3.6	Denkmalschutz.....	59
4.3.7	Standsicherheit.....	60
4.3.8	Brandschutz.....	60
4.3.9	Wärmeschutz.....	61
4.3.10	Schallschutz.....	63
4.3.11	Schadstoffe.....	64
<b>5</b>	<b>Anforderungsanalyse und Bestandsbewertungen hinsichtlich Brandschutz.....</b>	<b>65</b>
5.1	Allgemeine Darstellung der Handhabung.....	65
5.2	Bestimmung der brandschutztechnischen Anforderungen.....	65
5.2.1	Einstufung der Gebäudeklasse.....	65
5.2.2	Anforderungen an die Brennbarkeit der Materialien.....	66
5.2.3	Anforderung der Feuerwiderstandsfähigkeit.....	68
5.2.4	Anforderung an die Bauteile.....	68
5.2.5	Anforderung der Rettungswegsituation.....	72
5.2.6	Änderungen der Anforderungen durch Erhöhung der Gebäudeklasse.....	74
5.3	Bewertung des Bestandes aus brandschutztechnischer Sicht.....	77
5.3.1	Grundlegendes Vorgehen.....	77
5.3.2	Richtwerte für Gebäude der Baualtersklasse D/E (1949-1965).....	78
5.3.3	Richtwerte für Gebäude der Baualtersklasse E/F (1965 – 1970).....	80
5.3.4	Richtwerte für Gebäude der Baualtersklasse F/E (1970 – 1981).....	82
5.3.5	Richtwerte für Gebäude der Baualtersklasse E (1981 – 1992).....	84



5.4	Abweichungen bei Aufstockungen.....	85
5.5	Grundlegendes Vorgehen bei Beantragung von Abweichung .....	85
5.5.1	Musterabweichung für Geschossdecken .....	85
5.5.2	Musterabweichung für Holztreppen .....	87
6	Bestandsuntersuchung und Bewertung hinsichtlich Schadstoffen.....	<b>89</b>
6.1	Beschreibung häufig vorkommender Schadstoffe.....	89
6.1.1	Asbest .....	89
6.1.2	Künstliche Mineralfasern (KMF).....	89
6.1.3	Polychlorierte Biphenyle (PCB).....	90
6.1.4	Formaldehyd .....	91
6.1.5	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).....	92
6.1.6	Holzschutzmittel.....	93
6.1.7	Schwermetalle.....	93
6.1.8	Flüchtige organische Verbindungen (VOC).....	94
6.2	Baualtersklassen und ihre typischen Schadstoffe.....	95
6.2.1	Baujahr 1949 – 1957 .....	95
6.2.2	Baujahr 1958 – 1968 .....	96
6.2.3	Baujahr 1969 – 1978 .....	97
6.2.4	Baujahr 1979 – 1983 .....	97
6.2.5	Baujahr 1984 – 1994 .....	98
6.3	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	98
6.3.1	Abfallrecht.....	99
6.3.2	Kreislaufwirtschaftsgesetz .....	99
6.3.3	Deponieverordnung.....	99
6.3.4	Arbeitsschutzrecht .....	99
6.3.5	Chemikalienrecht .....	100
6.4	Schadstoffuntersuchungen .....	100
6.4.1	Bestandsaufnahme und Erstbewertung des Projekts .....	100
6.4.2	Technische Erkundung .....	101
6.4.3	Schadstoffkataster .....	102
7	Ökologische Bewertung.....	<b>105</b>
7.1	Allgemeine Grundlagen.....	105
7.2	Ökobilanz Gebäude.....	106
7.2.1	Wirkungskategorien.....	107
7.2.2	Lebenszyklusphasen.....	109

7.2.3	Datenbanken .....	112
7.2.4	Umweltproduktdeklarationen .....	112
7.3	Ökobilanz Aufstockungsmaßnahme.....	113
7.3.1	Ökobilanz Sanierung.....	113
7.3.2	Erarbeitetes Vorgehen Ökobilanz Aufstockungsmaßnahme .....	114
7.4	Ökobilanzergebnisse.....	115
7.4.1	Beschreibung der Aufstockungsmaßnahme .....	115
7.4.2	Ökobilanzergebnisse .....	117
7.5	Ausblick.....	118
8	Wirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	<b>121</b>
8.1	Grundlagen der Untersuchung.....	121
8.1.1	Investition und Finanzierung.....	121
8.1.2	Barwertmethode .....	122
8.2	Untersuchung der Investitionsentscheidung.....	124
8.2.1	Projektrahmen und Finanzierungsbedingungen.....	124
8.2.2	Einnahmen .....	125
8.2.3	Lebenszykluskosten.....	125
8.2.4	Berücksichtigung von Risiken.....	125
8.2.5	Interpretation des Ergebnisses .....	128
8.3	Ausblick.....	132
9	Sonstiges – Allgemeine Hinweise zur Planung .....	<b>133</b>
9.1	Gebäudetechnik .....	133
9.1.1	Anlagentechnik.....	133
9.2	Baubetrieb .....	134
9.2.1	HOAI 2013.....	134
9.3	Bestandsmieter.....	139
9.4	Weitere Planungshinweise und Prinzipskizzen.....	140
9.4.1	Herstellung einer geeigneten Ausgangslage .....	140
9.4.2	Instandsetzung und Baubeginn .....	141
9.4.3	Errichtung der Fassade und Ausbildung des Anschlusses Aufstockung / Bestand.....	143
9.4.4	Innenausbau .....	144
9.5	Normative Hinweise zum Bauen im Bestand .....	145
9.5.1	Gründungen und erdberührte Bauteile.....	145
9.5.2	Außenwände .....	146
9.5.3	Innenwände .....	147

9.5.4	Decken .....	148
9.5.5	Treppen .....	148
9.5.6	Geneigte Dächer.....	148
9.5.7	Flache Dächer.....	149
9.5.8	Abgasanlagen und Schächte .....	150
Anhang A	Gebäudetypologie .....	151
Anhang A.1	Bestandsdatenblätter D.....	152
Anhang A.2	Bestandsdatenblätter E.....	157
Anhang A.3	Bestandsdatenblätter F.....	162
Anhang A.4	Bestandsdatenblätter G-H.....	167
Anhang B	Thermographie zur Bauwerksdiagnostik .....	174
Anhang B.1	Grundlagen zur Thermographie.....	174
Anhang B.2	Tastversuche an einer Probewand .....	177
Anhang B.3	Erprobung an weiterem Bestandsgebäude .....	183
Anhang B.4	Erprobung in einer Bestandswohnung .....	187
Anhang B.5	Möglichkeiten und Anwendungsgrenzen.....	194
Anhang B.6	Fazit .....	196
Anhang C	Methoden der Bestandsuntersuchung .....	197
Anhang C.1	Mauerwerk.....	197
Anhang C.2	Betonbauteile .....	199
Anhang C.3	Konstruktionsholz.....	200
Anhang D	Brandschutzanforderungen .....	201
Anhang E	Tool zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	221
Anhang F	Risikomanagement.....	223
Abbildungsverzeichnis.....		<b>225</b>
Tabellenverzeichnis.....		<b>228</b>
Literaturangaben.....		<b>231</b>



# 1 Einleitung

In Deutschland wird für Großstädte mit Einwohnerzahlen über 500.000 und in Metropolregionen in den kommenden Jahren mit einer wachsenden Einwohnerzahl gerechnet. Es zeigt sich, dass infolge dieses Zuwachses der urbanen Bevölkerung die Preise und Mieten für Wohnraum zunehmend steigen und so der Prozess der Gentrifizierung einiger Gebiete beschleunigt wird. Durch eine nicht hinreichende Bautätigkeit in den letzten Jahren wird urbaner Wohnraum dringend benötigt. Unter dem Gesichtspunkt der Forderung der Bundesregierung nach einer Reduzierung der Flächeninanspruchnahme auf 30 ha pro Jahr bis 2030 sowie unter dem Ziel der Treibhausgasreduzierung durch Anstoßen von Sanierungen im Bestand, kommt der Nachverdichtung der Städte eine besondere Bedeutung zu. Nachverdichtungsmethoden bieten Kommunen die Möglichkeit, eine bestehende Infrastruktur zu nutzen, während gleichzeitig die Anzahl zur Verfügung stehender Wohnungen erhöht werden kann.

Durch Aufstockungen ergibt sich ein Potential von ca. 1,1 Mio. kostengünstig zu bauenden Wohnungen in Gebieten mit großer Wohnungsnot, so [1]. Zudem würden sie als Überbauung der obersten Geschossdecke mit beheiztem Raum den Energiebedarf der oberen Wohnungen reduzieren und die Forderung des Umweltbundesamtes nach einem klimaneutralen Gebäudebestand bis 2050 unterstützen.

Trotz dieser Vorteile schrecken viele Hauseigentümer und Planer vor der Aufgabe, eine Aufstockungsmaßnahme zu planen und durchzuführen, zurück. Durch fehlende statische Unterlagen oder Erkenntnisse über den Zustand des Gebäudes besteht eine hohe Planungsunsicherheit. Bisherige Forschungen weisen überwiegend eine separierte Betrachtung einzelner Herausforderungen einer nachhaltigen Stadtentwicklung auf und fokussieren meist architektonische, nicht statische oder konstruktive Belange.

## 1.1 Ziel

Ziel des Leitfadens war es, das Potential von baulichen Maßnahmen der Aufstockung als innerstädtische Nachverdichtungsmaßnahme durch die Verringerung des Planungsaufwands signifikant zu erhöhen. Hierzu werden wesentliche Indikatoren und Parameter, die für eine umfassende Bewertung einer Aufstockungsmaßnahme im Kontext des Bestandsgebäudes notwendig sind, ermittelt. Um den Entscheidungsprozess gezielt ausrichten und damit insgesamt den Planungsaufwand deutlich zu verringern, werden des Weiteren Lösungsvorschläge für identifizierte Problemstellungen in der Aufstockungsplanung gegeben.

Der Leitfaden soll planenden Architekten und Ingenieuren ein Werkzeug für die Planung und Umsetzung urbaner Nachverdichtungsmaßnahmen zur Verfügung stellen. Als anwendungsorientiertes Planungstool war hierbei eine Bewertungsmatrix vorgesehen, in welche verschiedene Parameter des zu bewertenden Bestandsgebäudes Eingang finden sollten. Die Bewertung stellte sich schwierig dar, da abhängig vom betrachteten Bewertungsparameter die subjektiven Ansichten hinsichtlich der annehmbaren Risiken sowie der Entscheidung für oder gegen eine Aufstockungsmaßnahme stark variierten. „Auch für Planer bedeutet das Bauen im Bestand die Übernahme erheblicher zusätzlicher Risiken.“ [2] Abhängig von der Erfahrung, die die Planenden bereits im Bauen im Bestand sowie bei der Planung von Aufstockungsmaßnahmen besitzen, werden unterschiedliche Entscheidungen getroffen, da der Planende die Risiken besser einzuschätzen weiß. Diese subjektiven Sichtweisen und Meinungen konnten nicht zielführend in eine effektive Bewertung zusammengeführt werden. Im Leitfaden wird aus diesem Grund nur auf die jeweiligen Planungs- und Bewertungsaspekte hinge-

wiesen. Die endgültige Bewertung soll dem Planenden überlassen werden. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass es zweckmäßig ist, bei der Entscheidungsfindung im regen Austausch mit dem Bauherren zu bleiben.

Der Fokus dieses Forschungsprojektes wurde dahingehend verschoben, zunächst die maßgebenden Risikofaktoren sowie Bewertungsgrundlagen zu ermitteln, um jedem Planenden eine Einschätzung bezüglich der Machbarkeit einer Aufstockungsmaßnahme zu ermöglichen. Der Leitfaden erläutert Risiken und Problematiken. Gleichzeitig gibt er den Planenden Untersuchungsverfahren an die Hand und erläutert Lösungswege, um alle notwendigen Informationen zu generieren und die Risiken besser abschätzen zu können.

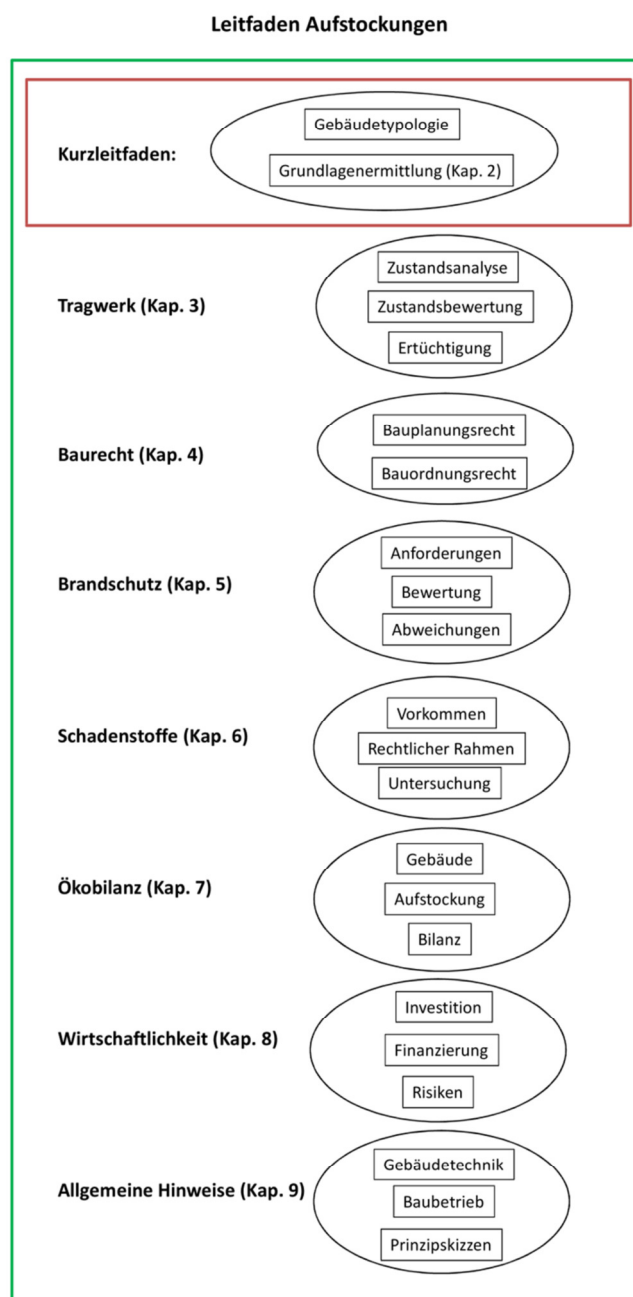
Eine für Aufstockungsmaßnahmen erforderliche, baubegleitende Planung führt zu hohen Kosten. Dieser Leitfaden soll es ermöglichen so effizient wie möglich, aber gleichzeitig so umfassend wie nötig zu planen. Der Planende sollte dennoch dem Bauherren von Beginn an die Risiken und Problemstellungen der Planungen erläutern, da folgender Grundsatz nicht außer Acht gelassen werden sollte:

*„Honorarvereinbarungen müssen ausgewogene Regelungen für den Umgang mit einem nicht vorhersehbaren Zustand der Bausubstanz enthalten. Das wirtschaftliche Risiko einer unvermeidlichen Mehrfachplanung kann nur beim Bauherren liegen (Bestandsrisiko).“ [2]*

## 1.2 Handhabung des Leitfadens

Die im Rahmen dieses Forschungsprojektes erarbeitete Gebäudetypologie kann als Grundlage für eine Untersuchung des Bestandsgebäudes gesehen werden. Die Gebäudetypologie kann als Kurzleitfaden verstanden werden, welcher für ein erstes Gespräch mit dem Bauherren verwendet werden kann, um beidseitig eventuell entstehende Risiken, beispielsweise durch Schadstoffbelastungen oder typische, konstruktionsbedingte Schwachstellen und Schäden, vor Beginn des Projektes zu erläutern. Zusammen mit einer anschließenden ausführlichen Begehung des Gebäudes, wie sie in Kapitel 2.1 beschrieben wird, können die Informationen aus der Gebäudetypologie dazu verwendet werden, die Planung gezielt auszurichten. Hierzu kann der Planende nach der durchgeführten Grundlagenermittlung Risiken und Probleme eigenständig identifizieren und dort, wo es notwendig ist, den Leitfaden erneut zu Rate ziehen.

Abbildung 1 stellt die Inhalte des Leitfadens dar, die nach der Grundlagenermittlung einer weiterführenden Planung dienen.



*Abbildung 1 Handhabung des Leitfadens*

### 1.3 Möglichkeiten und Grenzen

Für die Umsetzung einer Aufstockungsmaßnahme sind viele umfangreiche Parameter im Rahmen des Bestandsgebäudes zu berücksichtigen. Wie in Kapitel 1.1 und Kapitel 1.2 bereits erläutert, müssen Planende viele Bewertungskriterien berücksichtigen und nach einem Entscheidungsprozess, der alle Parameter zur Bewertung des Bestandes einschließt, für oder gegen die Maßnahme entscheiden. Abbildung 2 führt die während des Forschungsvorhabens zusammengestellten Bewertungsparameter auf. Diese sind stark vereinfacht und sollen so zunächst einen Überblick über die Vielfältigkeit der Planungsaufgabe „Aufstockung“ geben.



*Abbildung 2 Bewertungsparameter für Aufstockungen*

Jede Aufstockungsmaßnahme ist ein Sonderfall, da die Planung individuell auf das jeweilige Bestandsgebäude anzupassen ist. Dabei bringt jeder Bestand unterschiedliche Problemstellungen mit sich, die individuell und auf den Bestand abgestimmt gelöst werden müssen.

Anhand der Beschreibung der in Abbildung 2 dargestellten Bewertungsparameter werden folgende Möglichkeiten und Grenzen dieses Leitfadens genauer erläutert.

### **Gebäudeeigenschaften**

Das Baujahr und die Gebäudegröße des Bestandsgebäudes sind wichtige Faktoren zur Bewertung des Bestandes, da diese Aufschluss darüber geben, mit welchen Konstruktionen, Baustoffen und konstruktiven Schwachstellen voraussichtlich zu rechnen ist. Durch nachträgliche Umbaumaßnahmen oder den innovativen Einsatz neuer Techniken beim Bau, kann es zu Abweichungen von diesen üblichen Bauweisen kommen. Der Leitfaden kann hier nur in Zusammenhang mit einer ausreichenden Analyse des Bestandes sinnvoll angewendet werden. Die aufgeführten Eigenschaften in der Gebäudetypologie (Anhang A) dienen als Hilfestellung, sind jedoch nicht auf alle Bestandsgebäude in vollem Umfang anwendbar.

Der Bauzustand ist in diesem Zusammenhang immer ausreichend genau zu bestimmen. Nur durch zusätzliche Untersuchungen und eine umfassende Bauaufnahme können die Planenden sich ein Bild für eine effektive Bewertung machen. An dieser Stelle ergibt sich meist das Problem, dass Planende mit verschiedenen Problemstellungen unterschiedlich umgehen. Investitionen und kostenintensive Maßnahmen müssen frühzeitig geplant und mit dem Bauherren besprochen werden, damit das Risiko hoher Kosten so minimal wie möglich gehalten werden kann. Eine gute Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen den planenden Architekten und Ingenieuren ist hier dringend notwendig.

Die wichtigsten Bauteile nach denen der Bestand zu bewerten ist, sind die folgenden:

- Fundamente,
- Außenwände,
- Innenwände und
- Geschossdecken.



Die Dachkonstruktion ist nicht für die Bewertung der Standsicherheit des Bestandes im Kontext einer Aufstockung von Bedeutung, sollte aber für die Ermittlung der veränderten Einwirkungen auf den Bestand berücksichtigt werden. Wie in Kapitel 3.1.4 außerdem erläutert wird, sind einige Dachformen aufgrund ihrer konstruktiven Gegebenheiten besser für Aufstockungsmaßnahmen geeignet als andere.

Bei den Außen- und Innenwänden ist zunächst von Bedeutung, welche zu den tragenden und welche zu den nichttragenden Wänden zählen. Dies ist für die Grundrissplanung der Aufstockung sowie für einen sicheren Lastabtrag von hoher Wichtigkeit. Gleichzeitig müssen brandschutztechnische Anforderungen Berücksichtigung finden, da durch einen Wechsel der Gebäudeklasse infolge der Aufstockung nicht nur die Aufstockung selbst, sondern auch der Bestand die höheren Anforderungen der neuen Gebäudeklasse erfüllen muss.

Bei den Geschossdecken wiederum ist maßgeblich die oberste Geschossdecke zu untersuchen, es sei denn, mit der Aufstockungsmaßnahme ist gleichzeitig eine Nutzungsänderung des restlichen Gebäudes verbunden, siehe Kapitel 3.1.3.

Die Fundamente führen häufig zu Problemen bei Aufstockungsmaßnahmen, da diese die gesammelten Lasten des Bestands sowie der Aufstockung in den Boden abtragen müssen. Ob die Fundamente ausreichend standsicher sind, hängt von vielen Faktoren, wie beispielsweise von ihrer Art (Flach- oder Tiefgründung), ihrem Zustand oder auch den Baugrundverhältnissen, ab. Der Leitfaden dient an dieser Stelle als Orientierungshilfe und kann keine endgültige Bewertung vorgeben, da die Bestandsgebäude sowie die Einschätzung von Risiken bei der Planung nur individuell erfolgen kann.

### **Wirtschaftlichkeit**

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Aufstockungsmaßnahme kommen im Vergleich zur Planung eines Neubaus viele Bewertungskriterien und Risikofaktoren hinzu. Diese Bewertungskriterien und Risikofaktoren sollten in einen Zusammenhang mit dem Standort sowie mit den geplanten Kosten gebracht werden. Das finanzielle Risiko liegt hier beim Bauherrn und sollte durch den Planenden nicht unberücksichtigt bleiben. Eine klare Kommunikation von Risiken und Lösungsvorschlägen erhöht die Effizienz einer Aufstockungsmaßnahme.

Der Standort ist deshalb von Bedeutung, da von ihm abhängig ist, ob die Aufstockung als Nachverdichtungsmaßnahme an diesem Ort sinnvoll ist und somit wirtschaftlich durchgeführt werden kann. Handelt es sich beispielsweise um ein Gebäude, welches in einem Bereich steht, in dem es bereits viele Leerstände gibt, ist dieses Gebäude unter dem Gesichtspunkt der Wohnraumschaffung in dichtbesiedelten innerstädtischen Bereichen mit Wohnungsnot, für eine Aufstockung ungeeignet.

### **Rahmenbedingungen**

Durch rechtliche Rahmenbedingungen können Einschränkungen und höhere Kosten entstehen. Dachaufstockungen sind genehmigungspflichtig und müssen daher die Landesbauordnungen und örtliche Bauvorschriften erfüllen. Trotzdem können Ermessensspielräume bei der Genehmigung ausgenutzt werden, vor allem in Kommunen mit einer Nachverdichtungsstrategie. In diesen sollen rechtliche Hemmnisse für den Bauherren gemindert werden [3] (S.112).

Zu den technischen Rahmenbedingungen zählen aktuelle, aber auch die zur Bauzeit des Bestandes gültigen Normen und Regelwerke. Es ist zu prüfen, welche statischen und konstruktiven Anforderungen der Bestand unter der neuen Aufstockungslast einzuhalten hat und welche Anforderungen zur Bauzeit an den Bestand gestellt wurden. Außerdem zählen zu den technischen Rahmenbedin-

gungen die Anforderungen an die Durchführung von Bestandsuntersuchungen, um die Eigenschaften der verwendeten Baustoffe zu ermitteln.

## 2 Grundlagenermittlung

Für die erfolgreiche Planung einer Aufstockungsmaßnahme ist es von besonderer Bedeutung, sich vor Planungsbeginn bewusst zu machen, in welchem Maße die Planung vom Zustand des Bestandsgebäudes abhängt. Die Kenntnis des Bestandes ist essentiell für die Projektierung notwendiger Maßnahmen vor Baubeginn. Zu koordinierende Maßnahmen beziehen sich dabei nicht ausschließlich auf den Bau der eigentlichen Aufstockung. Es sind zusätzlich Maßnahmen für die Zustandserfassung sowie für die Instandsetzung des Bestandes festzulegen, noch bevor der eigentliche Bau beginnt.

Kenntnisse über Materialien und Bauweisen oder Schäden am Bestand können bereits auf Problematiken in der Planung hindeuten. Eine ausführliche Bauaufnahme führt dementsprechend zu einer zusätzlichen Planungs- und auch Kostensicherheit. Gleichzeitig dient sie einer Wertermittlung und ist für eine Risikoanalyse des Projektes unerlässlich.

Zu Beginn eines Aufstockungsprojektes sollte folglich eine Bestandsaufnahme durchgeführt werden, die als Grundlagenermittlung für die Planung zu sehen ist. Mit den gewonnenen Datensätzen und Informationen können anschließend die Bestandsdatenblätter dieses Leitfadens verwendet werden, um zusätzliche Informationen über Problematiken unterschiedlicher Gebäudetypen zu erhalten.

### 2.1 Bestandsaufnahme

Eine Bestandsaufnahme sollte zwangsläufig eine Begehung und in Augenscheinnahme des Bestandes beinhalten. Bevor diese Begehung stattfindet, sollten Bestandsunterlagen gesichtet werden, insofern diese vorhanden und zugänglich sind. Im Rahmen dieses Leitfadens ist mit der Bestandsaufnahme die Anfertigung aktueller Bestandspläne durch Auswertung von Bestandsunterlagen, Begehungen und einer optischen Aufnahme der Gegebenheiten gemeint. Genauere Betrachtungen in Form von Bestandsuntersuchung bzw. Bestandsdiagnostik befinden sich in Kapitel 2.2.

Bevor mit der Bauaufnahme begonnen wird, muss mit dem Bauherren über seine Pläne für die Aufstockung gesprochen werden. Es sollten Erläuterungen zur geplanten Nutzung, nicht nur der Aufstockung, sondern auch des Bestandes vorhanden sein sowie Informationen über die Finanzierungsmöglichkeiten des Projektes eingeholt werden. Diese Informationen können den Fokus bei der Begehung des Bestandes auf mögliche Komplikationen in der vorhandenen Bausubstanz lenken. Zusätzlich zu den vorhandenen Finanzmitteln des Bauherrn sei hier darauf verwiesen, dass beispielsweise die KfW Finanzierungsmöglichkeiten für das Bauen im Bestand anbietet.

#### 2.1.1 Bestandsunterlagen

Vor dem Erstellen neuer Datensätze für ein Bestandsgebäude sollten die vorhandenen Bestandsunterlagen gesammelt und gesichtet werden. Zwar stimmen Planungsunterlagen und bauliche Umsetzung meist nicht überein, aber die Unterlagen können grundsätzlich Hinweise auf Konstruktion und Ausführung des Bestandes geben, die andernfalls aufwendige Untersuchungen notwendig machen. [4] Vorhandene Unterlagen ermöglichen es, den Umfang von Untersuchungsmaßnahmen, möglicherweise verbunden mit weiteren Zerstörungen am Bestand, sowie Kosten und Zeit zu sparen. Für den Planenden gilt beim Bauen im Bestand immer eine intensive Bauwerkserkundungspflicht, welche mit einer umfassenden Aufklärung des Bauherrn über die technischen Risiken des Bauvorhabens einhergeht.

Je später im Bauprozess die Unterlagen erstellt wurden, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit nur geringfügiger Abweichungen zwischen Planung und tatsächlicher Bauausführung. Da es bei einer Aufstockung vor allem um zu lösende statische Problemstellungen geht, ist die Recherche nach Be-

standsstatiken und -plänen unerlässlich. Tragende Bauteile lassen sich identifizieren und erste Rückschlüsse auf mögliche Resttragfähigkeiten, z.B. infolge von Überbemessungen bzw. geringen Ausnutzungsgraden von Bauteilen, ableiten. Auch mögliche Änderungen der Bestandsgeometrie können beim Vergleich von Bestand und Bauplan ermittelt werden. Baubeschreibungen oder Wärmeschutznachweise erlauben Aussagen über verwendete Materialien und somit z.B. auch auf vorhandene Schadstoffe im Baubestand.

Mögliche Quellen von Bestandsunterlagen nach [4] sind:

- Eigentümer,
- Architekten,
- ausführende Bauunternehmer,
- Statiker und Prüfstatiker,
- weitere Fachplaner (z.B. Bauphysiker),
- Sachverständige, öffentliche Archive und
- beteiligte Behörden.

Aufbewahrungspflichten sind in Deutschland nicht eindeutig geregelt, oftmals finden sich in Archiven der Gemeinden noch Unterlagen zum Bestand, z.B. eingereichte Bauantragsunterlagen.

Sollten Bestandsunterlagen vorliegen, bietet es sich an, diese vor einer Begehung und einer Bauaufnahme zu digitalisieren, so dass sie nach einer Begehung angepasst werden können. Des Weiteren können Abweichungen der Bestandspläne nachgetragen oder auch Schäden aufgezeichnet werden, welche möglicherweise zu Problemen in der Planung führen können.

Folgende Bestandsdaten und -pläne können der Schaffung eines Überblicks über den Bestand dienen:

- Bestandsstatiken,
- Ausführungspläne,
- Baubeschreibungen,
- Wärmeschutznachweise (falls zur Bauzeit bereits benötigt),
- Schal- und Bewehrungspläne sowie
- Baustellenfotos.

### **2.1.2 Begehung und Bauaufnahme**

Im Rahmen der Projektplanung steht die Bauaufnahme als einer der ersten und gleichzeitig bedeutendsten Schritte. Durch die Begehung und gleichzeitige Vermessung der Bauteilgeometrien sind gegebenenfalls zugängliche Bestandspläne zu bewerten und zu aktualisieren. Gleichzeitig müssen Mängel und Schäden am Bestand kategorisiert festgehalten werden. Der Planende ist im Anschluss für die Einbeziehung von Sachverständigen und Gutachtern zuständig.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [5] hat in seinem „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ festgelegt, dass beim Bauen *im Bestand im Rahmen der Bestandsanalyse [...], die Stärken, Schwächen, Potenziale und Risiken eines Bestandsgebäudes* erfasst werden müssen. Hierzu werden die folgenden Schritte empfohlen:

- *Geometrische Bestandsaufnahme,*
- *Bestandsaufnahme der Baukonstruktionen und Baustoffe,*
- *Bestandsaufnahme der Haustechnik,*
- *Erkundung der Bau- und Nutzungsgeschichte sowie*
- *Bestandsaufnahme der Exposition.*

Diese Punkte umfassen alle maßgeblichen Aspekte, auf die bei einer Bestandsaufnahme Wert zu legen ist. Bei der Planung einer Aufstockungsmaßnahme muss, ergänzend der Aspekt des baulichen und anlagentechnischen Brandschutzes, Berücksichtigung finden. Aufgrund der zusätzlichen Geschosse durch eine Aufstockung, ist es sehr wahrscheinlich, dass das Gebäude im Rahmen der Aufstockung zu einer anderen Gebäudeklasse zuzuordnen ist und somit zusätzliche Anforderungen im Rahmen des Brandschutzes entstehen. Vor der Begehung sollte die aktuelle Gebäudeklasse bekannt sein und überprüft werden, ob eine Aufstockung ggf. zu einer Änderung der Gebäudeklasse führt. Ist dies der Fall, sollte bei der Begehung festgehalten werden, welche baulichen Rettungswege und brandschutztechnischen Einrichtungen im Bestand vorhanden sind und in welchem Zustand sie sich befinden. Genauere Informationen sind in Kapitel 5 zu finden.

Für Aufzeichnungen bei der Begehung ist eine Checkliste empfehlenswert sein. Die Bauteile des Bestandsgebäudes sowie ihr Zustand können nach mehreren Bewertungskriterien beurteilt werden. Gemäß [6] gehören hier zu folgende Kriterien:

- Tragverhalten,
- Konstruktion,
- Feuchteschutz,
- Wärmeschutz,
- Schallschutz,
- Oberflächen,
- Dacheindeckung,
- Leitungsverläufe und
- Schädlingsbefall.

### **2.1.3 Bestands- und Bauteilgeometrie**

Ziel der Erfassung der Bestands- und Bauteilgeometrie muss es sein, nach der Aktualisierung alter Bestandspläne bzw. dem Anlegen neuer Pläne, eine detaillierte Übersicht über den Bestand zu erhalten. Diese dient als Grundlage für die weitere Planung der Aufstockungsmaßnahme und legt für alle Fachplaner einen gemeinsamen Ausgangspunkt für die weitere und tiefgehende Untersuchung des Bestandes sowie die folgenden Planungsschritte der Maßnahme fest.

Die nachfolgend genannten Planunterlagen sollten anhand vorhandenen Bestandsplänen sowie der anschließenden Begehung mit durchgeführtem Bauaufmaß digital erfasst werden:

- Grundrisse aller Geschosse (einschließlich vorhandener Keller- und Dachgeschosse),
- Maßgebliche Gebäudeschnitte,
- Schnittzeichnungen der Treppenhäuser,

- Gebäudeansichten aus allen Blickrichtungen,
- Draufsicht auf das Gebäude und
- Brandschutzpläne einschließlich Rettungswege und Kennzeichnung der vorhandenen Anlagentechnik.

Einige geodätische Messverfahren zur Bestimmung der Bauteilgeometrie werden im Folgenden kurz beschrieben [2]:

### Polarverfahren

Beim Polarverfahren handelt es sich um ein terrestrisches Verfahren, bei dem Messpunkte von einem bestimmten Standpunkt aus durch Richtungs- und Streckenmessung abgesteckt werden. Mit dem Tachymeter werden elektronisch die Horizontal- und Vertikalwinkel sowie die Entfernung zum Messpunkt bestimmt. Mit diesem Verfahren lassen sich Geometrien sehr genau abbilden.[2]

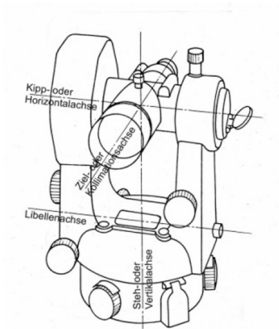


Abbildung 3 Tachymeter<sup>1</sup>

### Nivellement

Das Nivellement kann zur Bestimmung von Höhenunterschieden sowie zur Einmessung von Bezugshöhen verwendet werden. Das Nivelliergerät wird zwischen zwei Messpunkten positioniert. Eine bekannte Höhe wird einnivelliert und anschließend ein neuer Messpunkt eingemessen. Mit Bezug auf die bekannte Höhe kann so die Höhe des neuen Messpunktes berechnet werden. [2]

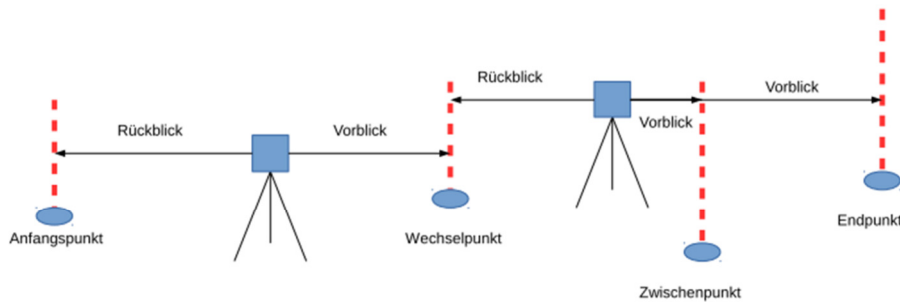


Abbildung 4 Vorgehen beim Nivellement

<sup>1</sup> [www.kern-aarau.ch]

## Photogrammetrie

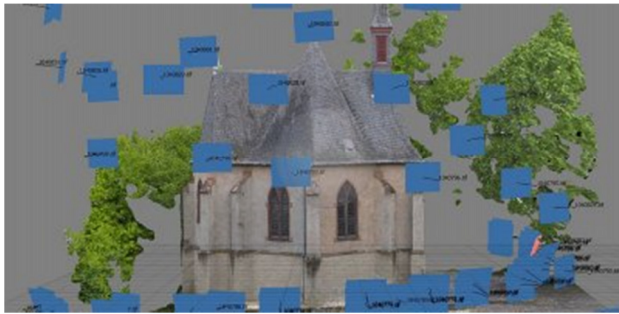


Abbildung 5 Beispiel einer Photogrammetrie<sup>2</sup>

Bei der Photogrammetrie wird ein Bauwerk zwei- oder dreidimensional optisch erfasst. Mit den Ergebnissen kann anschließend eine Objektmodellierung vorgenommen werden. Bei der Messung wird eine hohe Anzahl von Bildern angefertigt, die eine räumliche und zeitliche Auflösung ermöglichen. Dadurch, dass Bildfolgen aus unterschiedlichen Perspektiven angefertigt werden, entsteht durch Überlagerung der Bilder eine sehr exakte dreidimensionale Modellierung des Objektes.

## Laserscanning

Beim Laserscanning werden die Objekte durch Abtasten mit Laserstrahlen eingemessen. Damit können dreidimensional Koordinaten und Oberflächen bestimmt werden. Die Daten können wie bei der Photogrammetrie für eine Modellierung des Objektes verwendet werden. Die Aufnahmen erzeugen eine Punktwolke mit hoher Punktdichte. Diese kann im Anschluss in ein CAD-Programm eingespeist werden.

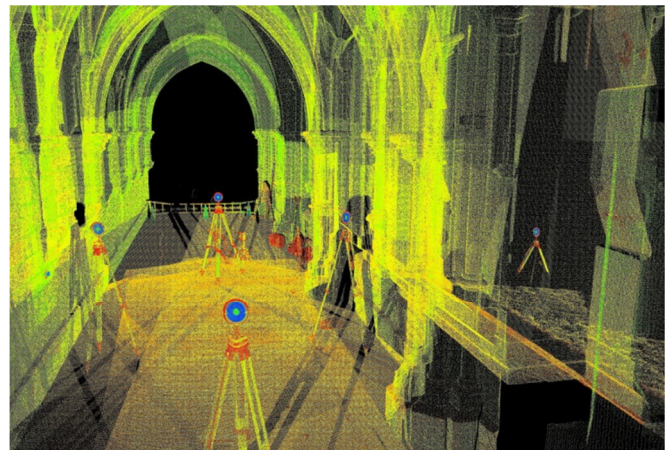


Abbildung 6 Laserscanning<sup>3</sup>

### 2.1.4 Bauteilaufbau und Konstruktion

Die Bestimmung der Bauteilschichten sowie der Baukonstruktionen hat mehrere Ziele. Zunächst müssen bei der Bestimmung der Bauteilaufbauten die Baustoffe bestimmt werden, die beim Bau verwendet wurden. Abhängig von der Baualtersklasse müssen auch Schadstoffe dabei identifiziert werden. Oftmals führt eine zu späte Identifizierung, beispielsweise während der Baumaßnahme, zu erhöhten Kosten, da gegebenenfalls die Maßnahme pausieren muss, bis eine Lösung für den Umgang mit den Schadstoffen gefunden wurde. Ist bereits während der Planung bekannt, mit welchen Schadstoffen in einer bestimmten Baualtersklasse zu rechnen ist und wird während der Bauaufnahme gezielt danach gesucht, können Lösungen frühzeitig, kostengünstig und effizient geplant und durchgeführt werden. Genauere Angaben zu Vorkommen, Beprobung und Entsorgung bei der Planung und Ausführung einer Aufstockungsmaßnahme finden sich in Kapitel 6.

Weiterhin können bei der Feststellung der verwendeten Baustoffe Rückschlüsse auf die Tragfähigkeit gezogen werden, indem Festigkeitswerte für die jeweiligen Baustoffe aus den zur Bauzeit des Gebäu-

<sup>2</sup> [www.robotic-air.de](http://www.robotic-air.de)

<sup>3</sup> [artmann-consult.de](http://artmann-consult.de)

des aktuellen Normen entnommen werden. Dies kann Hinweise auf Resttragfähigkeiten bzw. Tragwerksreserven geben.

Sind die Bauteilschichten nicht durch eine reine Begehung ersichtlich oder aus Bestandsplänen bekannt, sollten möglichst zerstörungsarm die Bauteile geöffnet und untersucht werden, beispielsweise durch Bauteilsondierungen (siehe Kapitel 2.1.6). Dadurch kann zusätzlich festgestellt werden, ob mehrschalige Wandaufbauten vorhanden sind, z.B. in Form von zweischaligem Mauerwerk oder hinterlüfteten Fassadenkonstruktionen.

Die Schichten der Bauteile sind von Interesse, da die Geometrie der tragenden Bestandteile, neben den verwendeten Baustoffen, für die Bemessung der Standsicherheit infolge zusätzlicher Auflasten der Aufstockung von Bedeutung ist. Die Schichten der Hüllkonstruktion sind für die Planung des Anschlussbereiches Bestand / Aufstockung zu bestimmen. Die Detailausbildung ist hier wesentlich, da es bei unsachgemäßer Planung und Ausführung zu Wärmebrücken kommen kann oder Feuchteschäden entstehen können. Bei der Durchführung einer zusätzlichen energetischen Sanierung ist die Konstruktion der Hülle zu untersuchen, da zu prüfen ist, welche additiven Schichten hinzugefügt bzw. welche Schichten zunächst entfernt werden müssen, um die Fassade energetisch zu ertüchtigen.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind, wie bereits bei der Geometrieaufnahme des Gebäudes, durch Detailzeichnungen festzuhalten. Zusätzlich sollte zu diesen Details eine Baubeschreibung angefertigt werden.

### **2.1.5 Schäden**

Als Grundlage zur Erstellung eines Untersuchungsplans des Bestandsgebäudes ist es sinnvoll, bei der Begehung offensichtliche Schäden aufzunehmen. Rissformen können Fachplanern und Gutachtern Hinweise darauf geben, welche Veränderungen am Gebäude zu diesen Schäden geführt haben können. Es kann sich um Schäden, die infolge üblicher Alterung und Abnutzung des Gebäudes entstehen, aber auch um Schäden aus Planungs- oder Baufehlern handeln. Bei jedem Projekt können aus den unterschiedlichsten Gründen Schäden auftreten, die jeweils differenziert betrachtet werden müssen. Nicht jeder offensichtliche Schaden oder Mangel am Gebäude hat eine ebenso offensichtliche Ursache.

Damit zielgerichtet festgelegt werden kann, welche Untersuchungen durchzuführen sind und ob ein explizites Gutachten sinnvoll ist, sollten Schäden kartiert werden, beispielsweise in Form von Fotos oder Skizzen.

Mit den angefertigten Bestandszeichnungen inklusive den Schadenskartierungen kann im Gespräch mit Gutachtern der Untersuchungsaufwand bestimmt werden. Abbildung 7 zeigt ein Beispiel für eine Schadenskartierung. Diese sollte zusätzlich mit Fotografien ergänzt werden, wie sie beispielhaft in Abbildung 8 dargestellt sind.



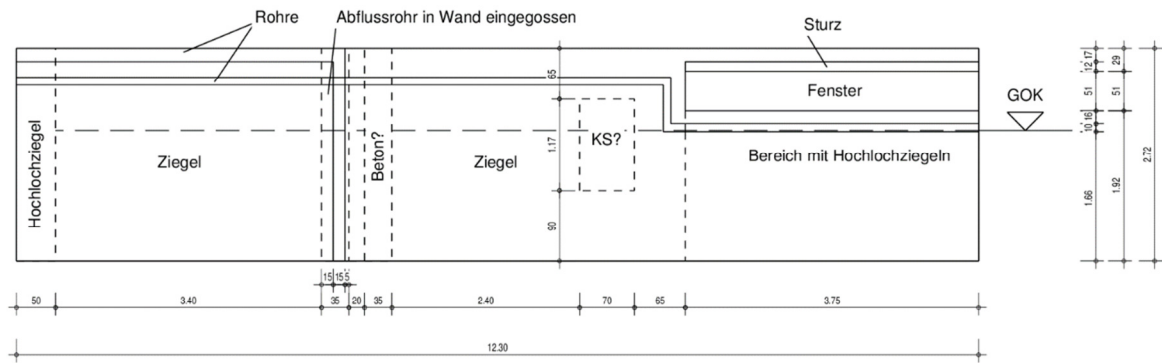


Abbildung 7 Schadenskartierung eines ausgewählten Mauerwerksbereiches [7]

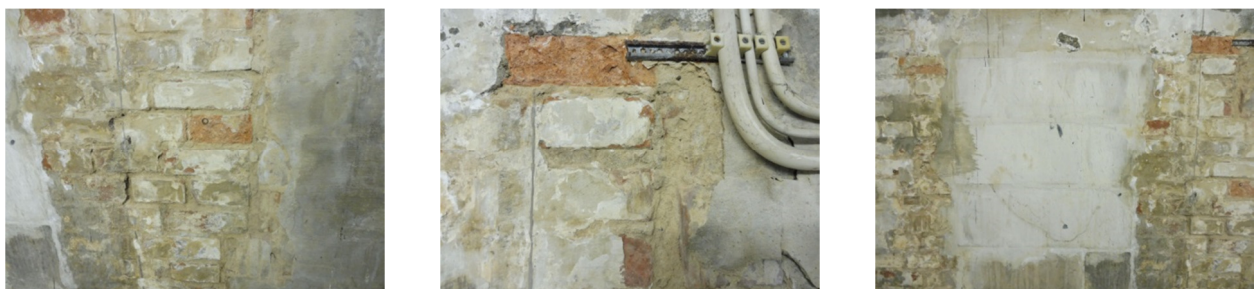


Abbildung 8 Zu Abbildung 7 zugehörige Dokumentation zur Schadenskartierung

### 2.1.6 Methoden der Bauaufnahme

Zur Aufnahme der Bestandsgeometrie in Form eines Bauaufmaßes stehen zahlreiche Methoden zur Verfügung, die hier kurz erwähnt werden. Der Leitfaden dient an dieser Stelle einem informativen Zweck und nicht der Beschreibung der Methoden zur Durchführung eines Bauaufmaßes, die in zahlreichen Literaturquellen ausführlich erläutert werden.

Um eine Grundlage für die Recherche zu schaffen, werden einige Methoden zum Bauaufmaß genannt, genauere Beschreibungen der Methoden finden sich beispielsweise in [4].

Traditionelle Methoden bzw. Hilfsmittel zur analogen Bauaufnahme sind nach [4] beispielsweise:

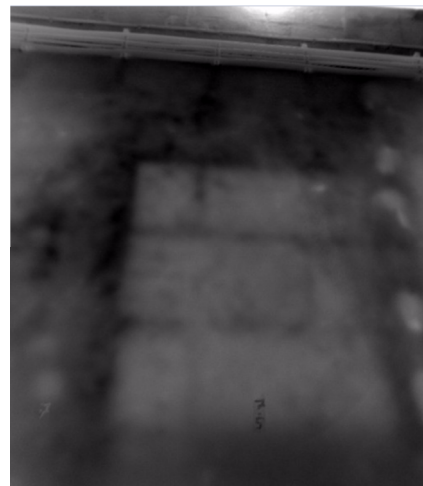
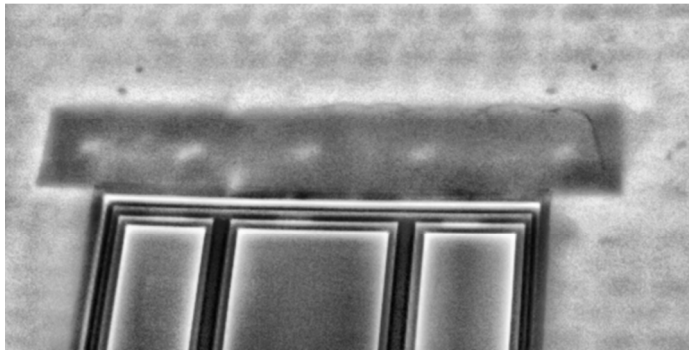
- *Schnurgerüst: Zum Referenzieren eines Handaufmaßes.*
- *Abloten: Zur Projektion von Messpunkten oberhalb der Bezugsebene auf die Bezugsebene.*
- *Bandmaß: Zur Längenmessung, mittlerweile jedoch weitestgehend durch das Lasermessgerät ersetzt.*
- *Gliedermaßstab: Zur Bestimmung kleinerer Abmessungen, wie Bauteilhöhen oder Querschnitten.*
- *Schieblehre: Zur genauen Erfassung von Rohren oder Metallprofilen.*

Zu den moderneren, digitalen Methoden und Hilfsmitteln gehören laut [4] zum Beispiel:

- *Lasermessgerät: Zur Streckenmessung, teilweise können EDV-Schnittstellen zur Übernahme der Daten in Tabellenkalkulationen oder CAD-Programme übertragen werden.*
- *Tachymeter: Zur Messung von Koordinaten, ein Tachymeter kann sowohl die Distanz als auch den Winkel vom Gerät zum Messpunkt bestimmen.*
- *Einbild- und Stereofotogrammetrie: Zur indirekten Vermessung eines Abbildes in Form eines Fotos.*
- *3D-Laserscan: Zur Messung von komplexen Geometrien mit hoher Genauigkeit.*

### 2.1.7 Übersicht durch Thermographie

Im Rahmen einer Bauaufnahme ist die Durchführung einer Thermographieaufnahme sinnvoll. Zunächst können durch die Thermographie Wärmebrücken und Feuchteschäden am Bestand erkannt werden. Des Weiteren können Gebäudestrukturen sichtbar gemacht werden. Geeignete Infrarot-Kameras arbeiten heutzutage so hochauflösend, dass Strukturen beispielsweise unterhalb von Putzschichten sichtbar gemacht werden können. Durch die Auswertung solcher Aufnahmen können Informationen über das Gebäude gesammelt werden. Nachträglich vermauerte Bereiche können sichtbar gemacht, siehe Abbildung 9 Rechts, oder Rissursachen z.B. bei Bauteilen ermittelt werden, siehe Abbildung 9 Links. Genauere Informationen und Hinweise zur Durchführung und Auswertung von Thermographieaufnahmen zur Bestandsbeurteilung bei der Planung von Aufstockungsmaßnahmen finden sich in Anhang B.



*Abbildung 9 Links: Rissbildung über einem Sturz; Rechts: Nachträglich zugemauerte Öffnung in einer Wand*

In der Regel dient die Thermographie von Gebäuden im Bauwesen der Detektion von Wärmebrücken, Luftleckagen sowie Feuchteschäden am Gebäude. Hierzu werden Kameras verwendet, die eine weniger hohe Auflösung besitzen, da bei der Abbildung von Wärmebrücken keine eindeutigen und scharfen Grenzen abgebildet werden müssen.

Auch mit einer höher auflösenden Kamera lassen sich Wärmebrücken identifizieren, so dass eine umfangreiche Thermographie, wie sie hier empfohlen wird, zusätzlich den Vorteil bietet, dass das Gebäude energetisch bewertet werden kann. Anhand der Aufnahmen können der Fachplaner Bauphysik sowie der Fachplaner Tragwerksplanung die weiteren Maßnahmen zur Untersuchung des Bestandes identifizieren und einleiten.

## 2.2 Gebäudetyp und Bestandsdatenblätter

Aufgrund unzureichender Planungshilfen und Richtlinien ist der Umgang mit Projekten beim Bauen im Bestand für unerfahrene Planer oft unübersichtlich und schwierig. Für eine vollständige und richtige Einschätzung des Bestandes für eine Aufstockung werden tiefgehende Kenntnisse hinsichtlich verwendeter Materialien, Bauweisen, möglichem Schadenspotential und der zum Zeitpunkt des Baus gültigen Normen und Regelwerke benötigt. Vielen Planern fehlen diese Kenntnisse oder die Notwendigkeit wird unterschätzt. Um unerfahrenen Planern für das Bauen im Bestand und für die Planung einer Aufstockungsmaßnahme einen Überblick über das Bestandsgebäude zu verschaffen, wurden im Rahmen dieses Leitfadens Bestandsdatenblätter entwickelt, welche eine kategorisierte Untersuchung und Einschätzung des Bestandes ermöglichen.

Abhängig vom Baualter und der Größe des Bestandsgebäudes variieren Baumaterialien und Bauweisen. Innerhalb von Baualtersklassen, also in vorgegebenen und begrenzten Zeitabschnitten, können für Bestandsgebäude verschiedene GröÙe Angaben über Bauweisen und Material gemacht werden. Für eine Einordnung des Bestandes zu einem Baualter dient die Gebäudetypologie nach IWU [8] als Grundlage, die den Bestand in Baualtersklassen nach Tabelle 1 einteilt.

*Tabelle 1 Baualtersklassen nach der Gebäudetypologie des IWU [8]*

Baualtersklasse	Zeitraum
A	Vor 1860
B	1860 – 1918
C	1919 - 1948
D	1949 – 1957
E	1958 – 1968
F	1969 – 1978
G	1979 – 1983
H	1984 - 1994
I	1995 – 2001
J	2002 – 2009
K	2010 – 2015
L	2016

Die Baualtersklasse ist eine wichtige KenngröÙe zur Bestimmung typischer Konstruktionen und Bauteilaufbauten dar. Insbesondere durch die Verschärfung der Wärmeschutzverordnungen haben sich im Laufe der Jahre abhängig vom Baualter typische Konstruktionen ergeben. Durch neu auf den Markt gekommene Baustoffe oder neuartige Verbundbauweisen, die sich hieraus ergaben, änderten sich die üblichen Konstruktionsweisen und Detailausbildungen.

Die letzte gröÙere Anpassung der Gebäudetypologie ergab sich durch den im Jahr 2011 erhobenen Zensus, in dem unter anderem der deutsche Gebäudebestand berücksichtigt wurde. Viele Städte und Landkreise besitzen zudem eigene Bestandstypologien, die an die Inhalte der Typologie nach IWU angelehnt sind. Es ist möglich, sich schnell einen Überblick über regionale Gegebenheiten im Ge-

bäudebestand zu verschaffen. Übliche Baumaterialien sowie regional unterschiedliche Konstruktionsdetails können so einfach identifiziert werden.

Ein besonderes Augenmerk legt dieser Leitfaden auf Gebäude, die nach 1950 gebaut wurden, da drei Viertel des Gebäudebestandes in Deutschland dieser Zeit entstammen. Die stärksten Bauphasen waren dabei die 1960er und 1970er Jahre. [9] Die Baualtersklassen A-C (also die Baujahre vor 1860 bis ca. 1950) beinhalten viele typische Fachwerkkonstruktionen, die für den Zweck der Aufstockung als nicht geeignet angesehen werden. Dies liegt unter anderem daran, dass viele dieser Gebäude bereits unter Denkmalschutz stehen und so notwendige Eingriffe in die Bausubstanz nur schwierig durchführbar sind und mit erheblichen Kosten verbunden wären. Oftmals muss bereits für die bisherige Nutzung eine Möglichkeit gefunden werden, eine ausreichende Standsicherheit zu gewährleisten, so dass mit den zusätzlichen statischen Lasten einer Aufstockung die Tragfähigkeit und Standsicherheit nicht mehr gewährleistet wäre. Zudem wäre eine Aufstockung auf einem Fachwerkgebäude ein Eingriff in das Stadtbild und in den meisten Fällen mit den Vorgaben des Denkmalschutzes nicht vereinbar, nämlich der Sicherung historisch wertvoller Baukonstruktionen in ihrer ursprünglichen Form.

Gründerzeitbauten aus den Jahren um 1870 wiederum stehen nur teilweise unter Denkmalschutz und bieten oftmals gute Bedingungen für Aufstockungen, wie es Projekte der Firma OBENAUF in Wien sehr deutlich zeigen.<sup>4</sup> Die Untersuchungen des Zensus 2011 zum Wohngebäudebestand [9] ermittelten jedoch, dass vor allem im Gebiet der ehemaligen DDR Gebäude aus der Zeit vor 1950 stehen.

Zieht man vergleichend die Ergebnisse von [1] heran, ist das Potential dieser Regionen für Aufstockungen nicht gegeben, da ein insgesamt zu hoher Leerstand grundsätzlich die Nachverdichtung in diesen Gebieten nicht notwendig macht, siehe Abbildung 10 und Abbildung 11.

---

<sup>4</sup> <http://obenauf.at/gu/projekte/>



*Abbildung 10 Wohngebäude mit Baujahr vor 1950 nach Bundesland gegliedert [9]*

Eine Ausnahme stellt Berlin und dessen nähere Umgebung dar. Dort sind aufgrund der Wohnungsnot zwar Aufstockungen als Nachverdichtungsmaßnahmen potentiell sinnvoll, allerdings ist im gesamtdeutschen Durchschnitt der Anteil an Gründerzeitbauten zu gering, als dass er zu flächendeckenden Aufstockungsmaßnahmen in innerstädtischen Bereichen heran gezogen werden kann. Aus diesen Gründen werden die in diesem Leitfaden durchgeführten Untersuchung auf Bestandsgebäude der Bauzeit nach 1950 beschränkt.

*Zudem gehören die Quartiere der 1950er bis 1980, die früher die äußeren Randgebiete der Städte bildeten, heute oft zum urbanen Kerngebiet. [1]* Die Gebäude der Bauboom-Jahre gehören somit zu den optimalen Objekten für die innerstädtische Nachverdichtung.

Nach einem weiteren Bauboom in den 1990er Jahren fiel der Anteil an Neubauten wieder ab. Nach 2000 wurden zudem die Anforderungen an den energetischen Zustand von Gebäuden mehrfach verschärft, so dass die energetische Qualität dieser Gebäude im Vergleich zu Bestandsgebäuden mit Baujahr vor 2000 deutlich besser ist und keine energetische Sanierung notwendig macht. Hinzu kommt der geringe Anteil an innenstadtnahen Bestandsbauten aus diesen Baujahren. Nach 2000 wurde hauptsächlich im städtischen Umland gebaut, außerdem größtenteils Einfamilienhäuser, bei denen davon auszugehen ist, dass die Besitzer diese Gebäude aufstocken werden.

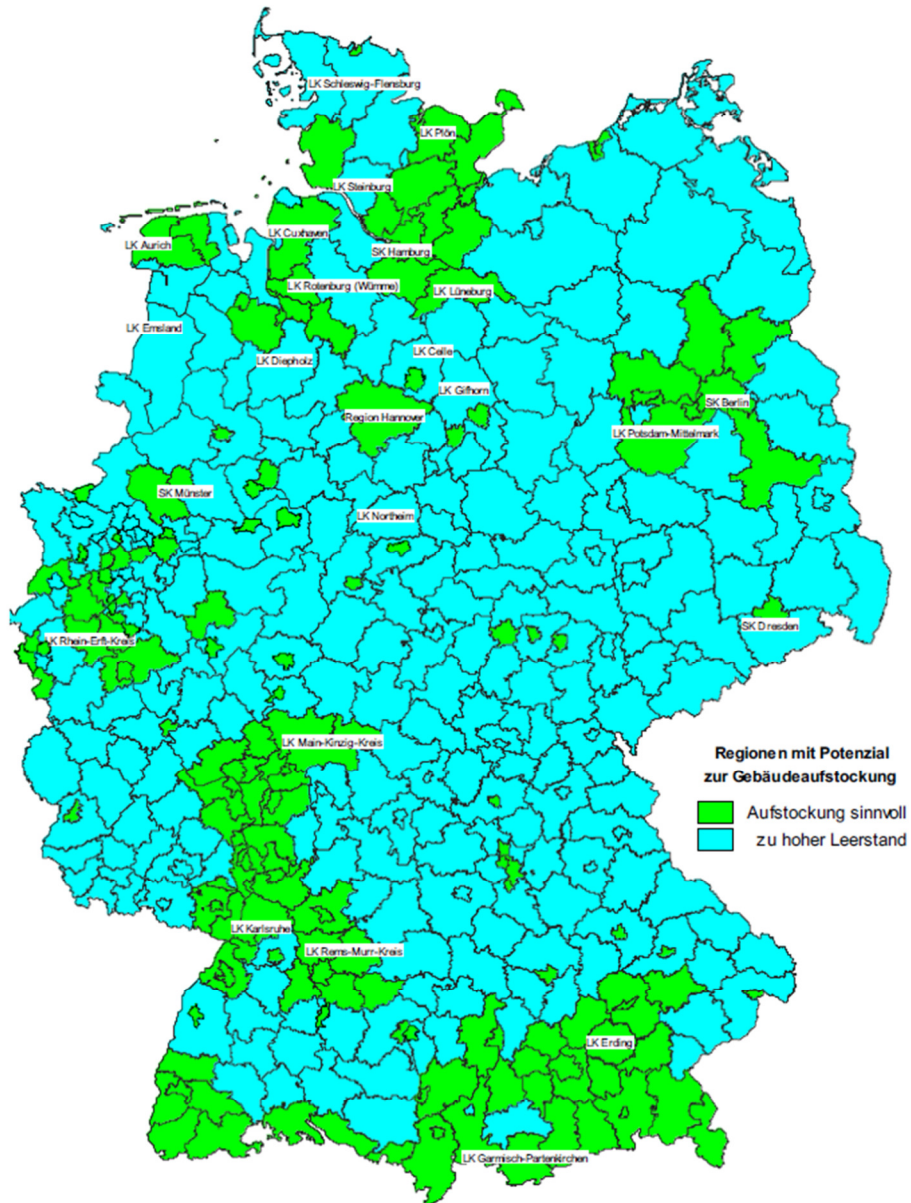


Abbildung 11 Verteilung der Regionen mit sinnvollem Aufstockungspotential in Deutschland aus [1]

Die Gebäudetypologie nach IWU unterteilt den Gebäudebestand des Weiteren nach seiner Größe, genauer, nach der Anzahl der Wohneinheiten. Unterschieden wird in Einfamilienhäuser (EFH), Reihenhäuser (RH), Mehrfamilienhäuser (MFH), große Mehrfamilienhäuser (GMH) und Hochhäuser (HH). Für die Anwendung im Leitfaden wird nur noch in kleine Häuser und große Häuser unterschieden. Einen Überblick über die Einteilung gibt Tabelle 2.



Tabelle 2 Gebäudekategorien nach der Gebäudetypologie des IWU [10]

Gebäudekategorie	Beschreibung	Neue Kategorie
EFH	Freistehende Wohngebäude mit 1– 2 Wohnungen	Kleine Häuser
RH	Wohngebäude mit 1 bis 2 Wohnungen als Doppelhaus, gereihtes Haus oder sonstiger Gebäudetyp	
MFH	Wohngebäude mit 3 – 12 Wohnungen	Große Häuser
GMH	Wohngebäude mit 13 oder mehr Wohnungen	
HH	Hochhäuser	-

Die vorgesehenen Kategorien dieses Leitfadens „Kleine Häuser“ und „Große Häuser“ sind hier zielführend, da die Einteilung nach IWU hauptsächlich auf die Bestimmung des Energieverbrauches abzielt und demnach die Anzahl der Wohneinheiten sowie die Kubatur des Gebäudes eine wichtige Rolle spielen. Hinsichtlich Aufstockungen ist es zielführend, die Unterteilung anzupassen, da aus statischer und planerischer Sicht die Anzahl der Geschosse und somit die Gebäudeklasse von Bedeutung ist. Für die Verwendung dieses Leitfadens werden dementsprechend die in Tabelle 3 dargestellten Gebäudetypen betrachtet.

Tabelle 3 Gebäudetypologie für den Leitfaden Aufstockungen

Bezeichnung	Baualter	Kategorie
D - KH	1949 – 1957	Kleine Häuser
E - KH	1958 – 1968	
F - KH	1969 – 1978	
G - KH	1979 – 1983	
H - KH	1984 - 1994	
D - GH	1949 – 1957	Große Häuser
E - GH	1958 – 1968	
F - GH	1969 – 1978	
G - GH	1979 – 1983	
H - GH	1984 - 1994	

## 2.3 Bestandsdiagnostik

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Bestandsdiagnostik im Rahmen des Bauens im Bestand notwendig ist. Hierbei geht es nicht, wie in Kapitel 2.1 um die ebenfalls notwendige Bauaufnahme, sondern um die Untersuchung des Bestandes mit geeigneten Methoden zur Betrachtung der Eigenschaften der Baustoffe und Bauteile. Die Festigkeit der Bestandswände muss ermittelt werden, um für die Tragwerksplanung des Bestands alle notwendigen Informationen bereit zu stellen.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit hat im „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ [5] für die Baudiagnose folgende Aspekte empfohlen:

- Tragwerk,
- Energetische Qualität,
- Schadstoffe,
- Feuchte- und Salzbelastungen und
- Schädlingsbefall.

Für die Planung einer Aufstockung wird die Bauwerksdiagnostik noch bedeutender, da eindeutig ermittelt werden muss, ob die Bestandskonstruktion für das erhöhte Eigengewicht sowie die neue Lastsituation infolge veränderlicher Einwirkungen einer Aufstockungsmaßnahme ausreichend standsicher ist. *Die Auswahl angemessener Sanierungsmethoden setzt eine ausreichende Analyse des Bestandes voraus. Wird aus Kostengründen oder Unkenntnis auf die erforderlichen Zustandsuntersuchungen verzichtet, kommt es sehr häufig zur Anwendung völlig ungeeigneter Verfahren, so [11].* Aufstockungen machen Kenntnisse über den Bestand notwendig, um nachträgliche Schäden und teure Sanierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen zu vermeiden, welche bei unzureichender Tragfähigkeit des Bestandes beispielsweise durch nachträgliche Fundamentsetzungen entstehen können.

### 2.3.1 Untersuchungsplan

Nach der Bestandsaufnahme ist es empfehlenswert, einen Untersuchungsplan aufzustellen. Die Ziele dieses Plans sind, die Methoden für die Untersuchung, möglicherweise notwendige Laborprüfungen sowie die Stellen für Probenentnahmen festzulegen.

Es sollten, soweit möglich, zerstörungsfreie oder zerstörungsarme Verfahren für die Zustandsuntersuchung verwendet werden. Oftmals sind Gebäude, welche für Aufstockungen vorgesehen werden, bewohnt und bleiben dies auch während der Bauphase. Dementsprechend muss auf die Bewohner sowie die Bewohnbarkeit der Wohnungen Rücksicht genommen werden. Es sollte dementsprechend geprüft werden, welche zerstörungsfreien Untersuchungen durchgeführt werden sollten und ob diese die zu ermittelnden Eigenschaften des Bestandes ausreichend abbilden können.

Sollte zur Bestimmung der Resttragfähigkeit des Bestandes eine Probenentnahme notwendig sein, ist zu prüfen, welche Untersuchungen durchgeführt werden und wo Proben entnommen werden müssen. Es sollte eine Rücksprache mit dem Labor geführt werden, das die Proben begutachtet. Dabei ist zu klären, wie viele Proben benötigt werden, um Ergebnisse ausreichender Sicherheit zu erzielen.



Tabelle 4 Übersicht erforderlicher und ergänzender Untersuchungen nach [6] (Teil 1)

	<i>Art der Untersuchung</i>	<i>Anmerkung</i>
<b>Mauersteine/ Mauerziegel</b>	<i>Formate, Abmessungen</i>	
	<i>Festigkeitskenngrößen</i>	<i>Druckfestigkeit, E-Modul</i>
	<i>Rohdichte</i>	
	<i>Offene Porosität</i>	<i>Gehalt an von außen zugänglichen Poren</i>
	<i>Mechanismen der Wasseraufnahme</i>	
	<i>Bauschädigende Bestandteile</i>	
	<i>Frost-, Tau-, Wechselbeständigkeit</i>	<i>Bei Fassadenbaustoffen</i>
<b>Mauermörtel</b>	<i>Art der Bindemittel- bzw. bindemittelmenge</i>	
	<i>Zusammensetzung und Art der Zuschläge</i>	
	<i>Korngrößenverteilung</i>	
	<i>Zusätze im Mörtel</i>	<i>Auch in historischen Putzen</i>
	<i>Chemisch bedingte Umwandlungen</i>	<i>Wie Treibmineralienbildung, Vergipsung</i>
	<i>Gehalte an Schadstoffen</i>	
	<i>Festigkeits- und Gefügeuntersuchungen</i>	<i>Wenn Probenahme möglich ist aufgrund der Festigkeit</i>
<b>Putze</b>	<i>Art der Bindemittel bzw. Bindemittelmenge</i>	
	<i>Art und Zusammensetzung der Zuschläge</i>	
	<i>Korngrößenverteilung</i>	
	<i>Chemische Umwandlungen</i>	<i>Vergipsung, Bindemittelverlust</i>
	<i>Schadstoffgehalte</i>	
	<i>Haftung</i>	<i>Haftfestigkeit am Putzgrund</i>
	<i>Haftzugfestigkeit an der Putzoberfläche</i>	
	<i>Festigkeitsprofil</i>	<i>Bei bewitterten, historischen Putzen</i>
	<i>Porosität</i>	
	<i>Charakteristik der Wasseraufnahme</i>	<i>Bei Fassadenputzen</i>

Tabelle 5 Übersicht erforderlicher und ergänzender Untersuchungen nach [6] (Teil 2)

	<i>Art der Untersuchung</i>	<i>Anmerkung</i>
<b>Konstruktionshölzer</b>	<i>Holzart</i>	<i>Zu berücksichtigen sind besonders:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kontaktstellen zum Mauerwerk</li> <li>▪ Ungenügend belüftete Bereiche</li> </ul>
	<i>Dendrochronologische Untersuchungen (bei Notwendigkeit)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stellen mit Tauwassergefährdung</li> <li>▪ Holzfeuchtigkeit in kritischen Bereichen</li> </ul>
	<i>Art und Ausmaß eines möglichen Befalls durch Holzzerstörer (Insekten / Pilze)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Art und Dicke von Beschichtungen (insofern Hinweis auf schädigende Einwirkungen besteht)</li> <li>▪ Bereiche auffälliger Mazeration (Art und Konzentration der in Poren eingelagerten löslichen Verbindungen)</li> </ul>
<b>Beton / Stahlbeton</b>	<i>Porosität</i>	<i>Bei Stahlbeton zusätzlich:</i>
	<i>Zusammensetzung und Art der Zuschläge</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lage der äußeren Bewehrung</li> <li>▪ Betondeckung</li> </ul>
	<i>Korngrößenverteilung</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Profil der Karbonatisierung</li> </ul>
	<i>Wasseraufnahme</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zustand / Restquerschnitt korrodierender Bewehrung</li> </ul>
	<i>Druckfestigkeit, E-Modul</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Haftzugfestigkeit oberflächennaher Bereiche</li> </ul>
	<i>Rohdichte</i>	
<b>Stahl / Eisen / Ver- bindungsmittel</b>	<i>Restquerschnitte und Korrosionszustand</i>	<i>Zu berücksichtigen sind Verbindungselemente wie Schrauben und Nieten</i>
	<i>Mechanische Kennwert</i>	
	<i>Untersuchungen am Gefüge</i>	<i>Z.B. bei erfolgter Brandeinwirkung</i>
	<i>Beurteilung der Schweißbarkeit</i>	<i>Bei notwendigen Ergänzungen oder Verstärkungen</i>

In Anhang C werden Methoden zur Untersuchung von Bauteilen verschiedener Stofflichkeiten gegeben, wie Mauerwerk, Stahlbeton und Holz. Außerdem werden diese Methoden dort hinsichtlich des technischen Aufwandes sowie des Zerstörungsgrades bewertet.

### 3 Zustandsanalyse und Bewertung hinsichtlich Tragwerk

*„Tragwerke müssen derart ausgelegt werden, dass sie den ihnen zugedachten Anforderungen während der vorgesehenen Nutzungsdauer gerecht werden, d.h. mit ausreichender Zuverlässigkeit ihren Zweck erfüllen, die Sicherheit der Benutzer und die Dauerhaftigkeit in Bezug auf den alltäglichen Gebrauch während der Nutzungsdauer sicherstellen.“ [12]*

Für die Planung und Durchführung einer Aufstockungsmaßnahme ist der statische Zustand eines Bestandsgebäudes bedeutend. Die Tragstruktur des Bestandes muss bei der Durchführung einer Aufstockungsmaßnahme zusätzliche Lasten aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen der Aufstockung sicher in den Boden weiterleiten können.

Wie in Kapitel 2.1 erläutert, ist eine aufmerksame Untersuchung des Bestandes erforderlich. Sind für das betrachtete Gebäude keine Unterlagen mehr auffindbar, müssen nicht nur die Abmessungen des Bestandes ermittelt werden, um neue Bestandspläne erstellen zu können. Ebenfalls müssen die tragenden Elemente des Gebäudes ermittelt werden. Dabei geht es z.B. um folgende Fragestellungen:

- Welche Tragstruktur besitzt das Bestandsgebäude (z.B. Skelett- oder Schottenbauweise, statische Modelle)?
- Welche Bauteile sind tragend und welche nichttragend?
- Welche Bauweise wurde für die Bestandsdecken verwendet (z.B. Holzbalkendecken oder Stahlbetondecken)?
- Welche Fundamente wurden verbaut?

Um die Tragstruktur eines Bestandsgebäudes nachträglich, ohne vorhandene Unterlagen, zu ermitteln, werden umfangreiche Kenntnisse der historischen Baustoffesowie über übliche Konstruktionen des jeweiligen Baualters benötigt. Neben den Bauwerksunterlagen liefern historische Vorschriften, Richtlinien und Fachaufsätze aus der Bauzeit wichtige Informationen. Es empfiehlt sich zusammen mit dem Bauherrn eine Nutzungsvereinbarung für den Bestand anzufertigen. Diese sollte die Punkte

- bisherige und zukünftige Nutzung,
- sonstige Einwirkungen, Planungen, Ziele und
- geplante Restnutzungsdauer

enthalten. Auf der Grundlage dieser Informationen können weitere Informationen über das Gebäude gezielt zusammengetragen werden. Einwirkungen, Baustoff- und Baugrundeigenschaften sowie Tragmodelle können ermittelt und festgehalten werden. [2]

Sind keine Unterlagen zum Bestand vorhanden, ist es schwierig, die Annahmen statischer Berechnungen nachzuvollziehen. Sollten während der Standzeit des Bestandsgebäudes bereits Umbaumaßnahmen durchgeführt worden sein, kann es zu ungünstigen Veränderungen der statischen Modellierung kommen. Beispielsweise können Durchlaufwirkungen aufgehoben werden oder Lasten auf nichttragende Bauteile umgeleitet werden, so dass die Gebrauchstauglichkeit dieser Bauteile beeinträchtigt wird.

#### 3.1 Ermittlung der Tragstruktur

Die Ermittlung der Tragstruktur ist für den Nachweis der Standsicherheit wichtig. Bei einer so umfangreichen, baulichen Veränderung ist nicht nur der Anschlussbereich der Aufstockung an den Be-

stand neu nachzuweisen, sondern ebenfalls Bauteile, die infolge der Aufstockung veränderte Einwirkungen erfahren.

Zusätzlich zum Nachweis der Standsicherheit sind die auftretenden Verformungen zu überprüfen. Die Tragwerksplanung sollte dies rechtzeitig berücksichtigen und die entstehenden Kosten und den zusätzlichen Zeitbedarf einplanen.

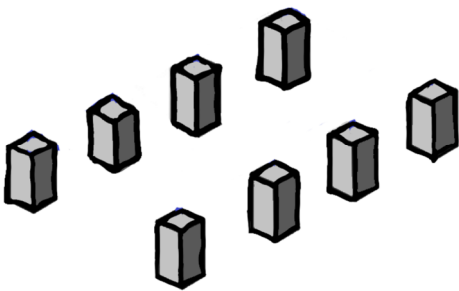
### 3.1.1 Fundament

Fundamente stellen dahingehend ein Problem dar, dass sie für eine Beurteilung nicht frei zugänglich sind und einen der maßgeblichen Schwerpunkte für die spätere Standsicherheit des Gebäudes bilden. Bei fehlenden Aufzeichnungen über die Fundamente ist zu klären, welche Fundamente verbaut wurden und welche Abmessungen sie haben.

Die Standsicherheit eines Gebäudes ist von der Übertragung der Lasten aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen in den Baugrund abhängig. Die Querschnittsfläche von Wänden und Stützen reicht jedoch oft nicht aus, um die auftretenden Lasten über eine ausreichend große Fläche auf den Baugrund zu übertragen. Über Fundamente, die breiter ausgeführt werden als darüber liegende Wände und Stützen, werden die Lasten verteilt. Die Fundamente sorgen so für die notwendige Standsicherheit. Sind die Fundamente nicht ausreichend auf die auftretenden Lasten ausgelegt, kann es zu unzulässigen, großen Setzungen, Kippen, Gleiten oder Grundbruch kommen. Die Standsicherheit des gesamten Gebäudes ist gefährdet. [13]

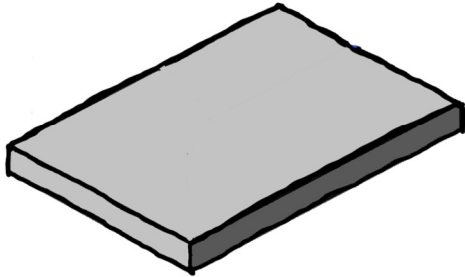
Folgend werden verschiedene Fundamentarten hinsichtlich Problematiken bei Aufstockungsmaßnahmen beschrieben und bewertet.

*Tabelle 6 Beschreibung von Fundamentarten hinsichtlich ihrer Eignung für Aufstockungen*



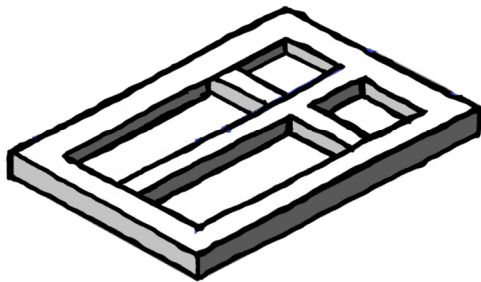
Einzelfundamente kommen beispielsweise bei Skelettkonstruktionen zum Einsatz. Sie dienen der Abtragung von Lasten einzelner Stützen in den Baugrund. Diese Gründung muss auf ausreichend tragfähigem Boden erfolgen, da die Stützlasten über eine geringe Fläche in den Boden abgetragen werden.

Wird ein Gebäude mit Einzelfundamenten aufgestockt, sollten die Lasten möglichst gleichmäßig über das Gebäude und somit die Fundamente verteilt werden, da sonst lokal Überbeanspruchungen des Baugrundes entstehen können. Lokale Setzungen einzelner Fundamente können zu schweren Schäden und zur Beeinträchtigung der Standsicherheit des Gebäudes führen.



Fundamentplatten dienen einer flächigen Verteilung der Bauwerklasten auf einen wenig tragfähigen Untergrund. Sie kommen auch als Unterbau für Kellerbauten bei tragfähigerem Baugrund zum Einsatz. Durch die Ausbildung einer Flächengründung werden die Lasten nicht wie bei Einzelfundamenten lokal in den Boden übertragen, sondern über eine große Fläche auf den Boden verteilt.

Ungleichmäßig verteilte Lasten sind bei Fundamentplatten ebenfalls zu berücksichtigen. Durch lokale Setzungen an einer Seite des Bauwerkes kann es zu Schiefstellungen des Gebäudes kommen, wenn die Bodenplatte nicht ausreichend steif ausgebildet wurde. Plattenfundamente bieten die Möglichkeit, nachträglich weitere Tragwerksteile, z.B. zur Ertüchtigung der Tragstruktur für eine Aufstockungsmaßnahme, nachzugründen und die Lasten flächig über den Baugrund abzutragen. Hierzu ist sicherzustellen, dass das Fundament noch keine Schäden durch ungleichmäßige Setzungen aufweist, da diese durch eine solche Maßnahme noch verschlimmert werden.



Streifenfundamente sind die in Deutschland am häufigsten vorkommenden Fundamente. Die Wandlasten des Bauwerkes werden über eine verbreiterte Gründungsfläche der Streifenfundamente in den Baugrund abgetragen.

Bei Streifenfundamenten besteht das Problem in der Unzugänglichkeit der innen liegenden Streifenfundamente. Sollten die außenliegenden Fundamente eine Aufstockung nicht tragen können, können sie nachträglich verbreitert werden, siehe Kapitel 3.2.1. Die inneren Streifenfundamente sind schwer zugänglich, so dass nachgewiesen sein muss, dass eine Ertüchtigung der äußeren Fundamente ausreicht, um die Aufstockungslasten in den Boden zu leiten.

Eine Aufstockungsgeometrie kann auf diesen Fall ausgelegt werden, so dass sich die zusätzlichen Lasten möglichst auf die äußeren Wände verteilen.

## Setzungen

Setzungen entstehen bei praktisch jedem Bauwerk infolge des noch nicht durch die Last des Gebäudes verdichteten Bodens. Die Auslegung der Fundamente muss gewährleisten, dass die Setzungen gleichmäßig über das gesamte Gebäude erfolgen, damit keine Schäden das Bauwerk gefährden.

Bei der Durchführung von Aufstockungsmaßnahmen ist dem Zustand der Fundamente besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Durch die zusätzlich Auflast infolge der Aufstockung kann es zu nachträglichen Setzungen des Gebäudes kommen. Hier ist darauf zu achten, dass diese gleichmäßig ver-

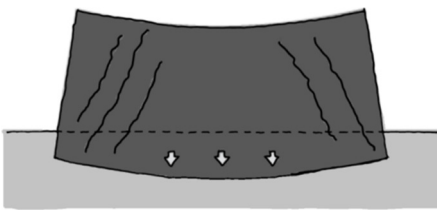
teilt sind. Aufstockungsgeometrien, die ein Gebäude nur punktuell bzw. auf einer kleinen Fläche belasten, können zu ungleichmäßigen Setzungen führen. Sind keine ausreichenden Dokumentationen über die Fundamente oder den anstehenden Boden vorhanden, müssen in den Bodenbereichen neben den betroffenen Fundamenten Baugrunduntersuchungen vorgenommen werden.

Nicht nur ungleichmäßig verteilte Lasten führen zu Problemen. Ungleichmäßige Baugrundverhältnisse können in einer Beeinträchtigung der Nachbarbebauung resultieren. Bei Zeilen- oder Blockrandbebauungen, wie sie in innerstädtischen Bereichen vorkommen, ist nicht nur für das baulich zu ändernde Gebäude, sondern auch für die Nachbargebäude sicherzustellen, dass es nicht zu nachträglichen Setzungen kommt.

Zwar hat sich der Boden unterhalb eines Bestandsgebäudes bereits nachverdichtet, trotzdem kann es durch zusätzliche Auflasten zu weiteren Setzungen kommen. Sind am Gebäude bereits Setzungsschäden vorhanden, sind Baugrund und Fundamente vor Beginn einer Aufstockung zu prüfen. In diesen Fällen sollten die Fundamente freigelegt werden, um sich ein Bild verschaffen zu können. Weiterhin ist zu prüfen, ob Fundamentinstandsetzungen notwendig sind bzw. ob die Geometrie der Aufstockung so ausgelegt werden kann, dass die Lasten über neue Fundamente abgetragen werden können.

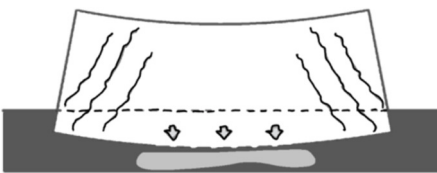
Folgend werden einige Gründe für Bauwerkssetzungen erläutert sowie darauf basierend Hinweise zu Möglichkeiten und Grenzen für Aufstockungsmaßnahmen aufgezeigt.

*Tabelle 7 Gründe für Bauwerkssetzungen (Abbildungen nach [13])*



#### **Gebäude zu lang, Gründungsmängel**

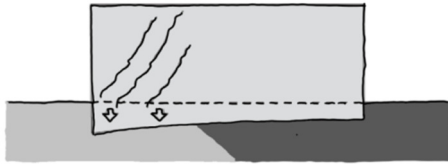
Sind Setzungsrisse im Gebäude vorhanden, die aufgrund eines Gründungsfehlers entstanden sind, ist die Ursache zu identifizieren. Zu diesen zählt beispielsweise eine nicht ausreichend steife Bodenplatte. Zusätzliche Auflasten an statisch ungünstigen Punkten können die Risse noch vergrößern und zu Problemen mit der Standsicherheit des Gebäudes führen.



#### **Störungen im Baugrund**

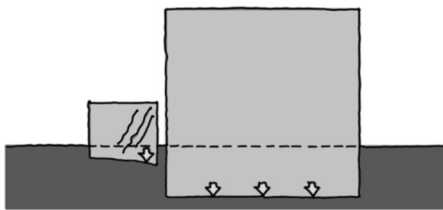
Störungen im Baugrund sind schwierig von Gründungsfehlern zu unterscheiden, da ohne Angaben zum Baugrund oder zur Ausbildung des Fundamentes nicht klar ist, worin der Mangel besteht. Liegen keine Baugrundgutachten vor können Baugrundstörungen unterhalb des Gebäudes nur aufwendig bestimmt werden.

### Ungleichmäßige Gründungsverhältnisse



Bei Rissen infolge ungleicher Gründungsverhältnisse ist darauf zu achten, dass die zusätzlichen Lasten einer Aufstockung gleichmäßig verteilt werden oder der Braugrund nachträglich verdichtet oder ausgetauscht wird. Ein Baugrundgutachten ist zwingend erforderlich, um einen Überblick über die Baugrundverhältnisse zu schaffen. Auf der Grundlage des Gutachtens kann anschließend das weitere Vorgehen geplant werden, beispielsweise die Planung einer passenden Geometrie für die Aufstockung oder die Instandsetzung und Ertüchtigung der Fundamente.

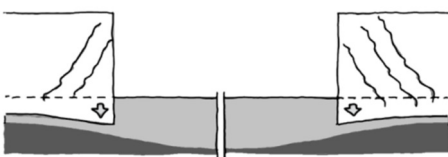
### Sehr unterschiedliche Baugrundbelastungen



Große Unterschiede in der Baugrundbelastung können bei Aufstockungsmaßnahmen zum Problem führen. Bei der Planung ist zu berücksichtigen, dass die Lasten des aufzustockenden Gebäudes zunehmen und einen Einfluss auf die Nachbarbebauung haben können.

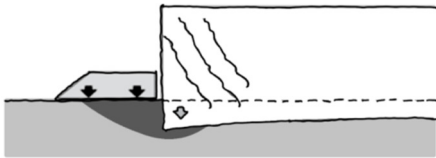
Handelt es sich um innerstädtische Bereiche, in denen die Bebauung sehr eng steht, ist die Auswirkung einer Aufstockungsmaßnahme auf die Nachbargebäude genauso zu überprüfen, wie die Statik des Bestandsgebäudes.

### Grundwasserabsenkung oder Austrocknen bindiger Bodenschichten



Setzungsrisse infolge einer Grundwasserabsenkung sind nicht immer richtig einzuordnen, da zunächst geklärt werden muss, wie sich die Baugrundverhältnisse tatsächlich verändert haben. Hierzu gehört auch die Untersuchung darüber, ob es sich um einen herbeigeführten, vorübergehenden Zustand, z.B. durch Gründungsarbeiten im unmittelbaren Umfeld, oder um einen dauerhaften Zustand handelt.

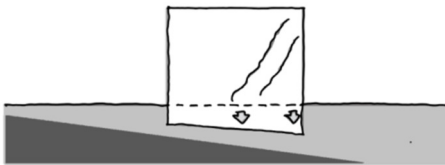
Eine Grundwasserabsenkung zeigt die Bedeutsamkeit eines Baugrundgutachtens vor Beginn der Aufstockungsmaßnahme, da selbst bei Vorhandensein alter Gutachten die Situation heute eine andere sein kann.



### Belastung durch nachträgliche Auflasten (Anbau, Aufschüttung)

Setzungen infolge nachträglicher Auflasten können für Aufstockungsmaßnahmen in zweierlei Hinsicht zu Problemen führen. Zunächst kann es durch zusätzliche Auflasten in der Umgebung zu Schäden am Bestand gekommen sein. Es ist sicherzustellen, dass diese Schäden keine Auswirkungen auf die Standsicherheit des Bestandsgebäudes haben.

Auf der anderen Seite stellt eine Aufstockung eine zusätzliche Auflast dar, welche negative Auswirkungen auf die Nachbarbebauung haben kann. Ebenso wie bei Setzungen durch unterschiedliche Baugrundbelastungen ist darauf zu achten, dass die Nachbarbebauung durch die Aufstockungsmaßnahme nicht beeinträchtigt wird.



### Ungleiche Mächtigkeit setzungsempfindlicher Böden

Bei ungleich verteilten Bodenschichten (ungleicher Mächtigkeit) kann es für die Durchführung einer Aufstockungsmaßnahme notwendig werden, den nicht tragfähigen Boden unterhalb des Gebäudes auszutauschen, um einen ausreichend tragfähigen Baugrund für die Aufstockung zu garantieren.

### 3.1.2 Tragende Wände

Bestandsstatiken geben Aufschluss über die Tragwerksplanung des Bestandes. Zusätzlich können Informationen über verwendete Baustoffe sowie die Ausbildung des Aussteifungssystems entnommen werden. Oftmals fehlen Bestandsstatiken, in diesem Fall sind die tragenden Wände auf andere Weise zu bestimmen. Wie also unterscheidet man tragende von nichttragenden Wänden im Bestand? Es gibt Anhaltspunkte, welche Rückschlüsse ermöglichen können. Folgende Aspekte können bei einer Klassifizierung der Wände helfen, sie sind nur als Indizien anzusehen. Auf eine Rücksprache mit einem Tragwerksplaner darf nicht verzichtet werden.

#### 1. Die Position der Wand:

- Außenwände sind oftmals tragende Wände.
- Tragende Wände liegen geschossweise übereinander.



## 2. Die Geometrie der Wand:

- Tragende Wände sind im Vergleich deutlich dicker, als nichttragende Wände, da sie die Lasten aus den darüber liegenden Geschossen weiterleiten. (Handelt es sich um Trennwände zwischen Wohneinheiten, kann dies auch im Schallschutz begründet liegen!)
- Bei Mauerwerkswänden mit einer Dicke größer oder gleich 17,5 cm ist es wahrscheinlich, dass es sich um eine tragende Wand handelt.
  - Nichttragende Wände in dieser Stärke auszubilden, wäre unwirtschaftlich, da sie keine Lasten abtragen müssen

## 3. Verwendete Baustoffe der Wand:

- Trockenbauwände sind keine tragenden Wände.

## 4. Lagerung der Decke auf der Wand:

- Bei Balkendecken ist klar, dass die Wände, auf denen die Balken aufliegen, tragende Wände sind, sie müssen das Eigengewicht sowie die Nutzlast auf der Decke tragen.

Diese Aspekte sind Hinweise darauf, ob es sich bei einer Wand um eine tragende Wand oder eine nichttragende Wand handelt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass ein Tragwerksplaner hinzugezogen wird, um die Tragstruktur des Gebäudes zu bewerten. Zusammen mit den erstellten Bestandsplänen kann dieser entscheiden, welche Wände im Gebäude statisch relevant sind und ob sie auch aussteifende Aufgaben übernehmen.

### 3.1.3 Oberste Geschossdecke

Durch die neue Nutzung der obersten Geschossdecke als Wohnungstrenndecke gehört sie bei der Planung einer Aufstockungsmaßnahme zu den zu betrachtenden Bauteilen. Infolge einer Umnutzung können im Vergleich zur ursprünglichen Statik andere Nutzlasten auf sie wirken. Hierbei ist zu unterscheiden, ob es sich bei der Decke zuvor um ein Flachdach gehandelt hat oder eine Decke hin zu einem Dachgeschoss. Beispielsweise wirken auf ein Flachdach Schnee und Windlasten, während eine Decke zu einem Dachgeschoss nur Nutzlasten erfährt. Handelt es sich um ein Flachdach in Form eines Gründaches oder einer Dachterrasse, dann kann überschläglich davon ausgegangen werden, dass sich die Decke grundsätzlich als neue Geschossdecke für eine Wohnnutzung eignet, da große Eigenlasten aus dem Gründachaufbau entfernt und geringere Nutzlasten aus der Wohnnutzung im Vergleich zur Nutzung als Dachterrasse aufgebracht werden.

Handelt es sich um eine oberste Geschossdecke zu einem Dachraum, ist zu prüfen, auf welche Lasten diese bemessen wurde. DIN EN 1991-1-1 geht beispielsweise heute davon aus, dass die Decke eines Spitzbodens, welcher nicht als Aufenthaltsraum geeignet ist und eine lichte Höhe von 1,8 m nicht überschreitet auf eine Nutzlast von 1 kN/m<sup>2</sup> zu bemessen ist. Als Wohnraum würde sie 1,5 kN/m<sup>2</sup> abtragen müssen. Hinzu kommt, dass ältere Normen andere Nutzlasten ansetzten. In DIN 1055 von 1951 und 1971 wurden beispielsweise die folgenden Nutzlasten berücksichtigt:

Flachdach	2,0 kN/m <sup>2</sup>
Nichtausgebautes Dachgeschoss	2,0 kN/m <sup>2</sup>
Geschossdecken ohne ausreichende Querverteilung	2,0 kN/m <sup>2</sup>
Geschossdecken mit ausreichender Querverteilung	1,5 kN/m <sup>2</sup>

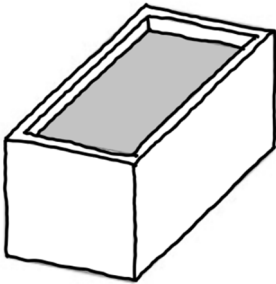
### 3.1.4 Dächer

Bei der Begutachtung der Dächer kann die Tragstruktur des Daches leicht bestimmt werden. Die Konstruktion des Dachstuhls ist bei den meisten Bestandsgebäuden, die sich für eine Aufstockung eignen, zugänglich, da es sich um nichtausgebaute Dachgeschosse handelt. Ist das Dachgeschoss bereits ausgebaut, lohnt es sich nicht, das Gebäude durch eine Aufstockung nochmals baulich zu verändern. Folgend werden die üblichen Dachkonstruktionen dahingehend beschrieben und bewertet, ob es sinnvoll ist sie aufzustocken und welche Hemmnisse es hinsichtlich einer Aufstockung gibt.

*Tabelle 8 Dachtypen nach ihrer grundsätzlichen Eignung für Aufstockungsmaßnahmen (Abbildungen nach [13])*

#### Flachdach

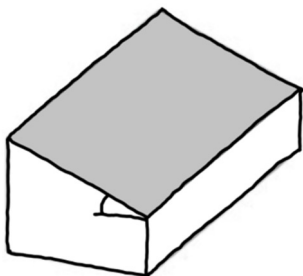
Flachdächer stellen bei der Planung der Aufstockung in zweifacher Hinsicht eine Herausforderung dar. Erstens ist die eigentliche Dachkonstruktion gleichzeitig die oberste Geschossdecke. Sie muss bei einer Aufstockung auf neue Nutzlasten bemessen werden. Zweitens wird bei einem Flachdach keine Bestandskonstruktion entfernt, die die Differenz zwischen dem Eigengewicht des Bestandes und der neuen Aufstockungskonstruktion verringern würde.



Besitzt das Gebäude eine Attika, ist zu überprüfen, ob diese erhalten werden kann und die Wände der Aufstockung auf dieser „gegründet“ werden können oder ob sie zunächst zurückgebaut werden muss. Positiv auswirken kann es sich, wenn das Gebäude über eine zugängliche Dachterrasse verfügt. Bei dieser wird die anzusetzende Nutzlast von  $q_k = 4,0 \frac{kN}{m^2}$  für die Nutzung als Dachterrasse auf  $q_k = 1,5 \frac{kN}{m^2}$  für eine Wohnnutzung reduziert.

Es muss bei der Umarbeitung des Daches zur neuen Geschossdecke ermittelt werden, in welchem Bereich der Konstruktion die Neigung zur Abführung des Wassers eingebaut ist und wie die Fläche für die Aufstockung geebnet werden kann. Wird die Neigung durch eine Gefälledämmung erzeugt, muss diese entfernt werden. Sollte die Neigung durch die Tragkonstruktion (z.B. durch geeignetes Betonieren oder ähnliches) hergestellt worden sein, muss diese angeglichen werden.

### Pulldach

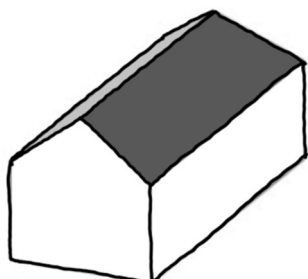


Bei Pulldächern ist zu entscheiden, ob sich eine Aufstockung tatsächlich lohnt. Meist ist der Raum unmittelbar unterhalb des Daches bereits ausgebaut und es ist keine Zwischendecke zur Abtrennung eines separaten Dachraums vorhanden. Wenn ein Gebäude mit Pulldach aufgestockt werden soll, ist neben den zusätzlichen Lasten der Aufstockung die zusätzliche Last einer neuen Geschossdecke zu berücksichtigen. Anders als bei einem Flachdach entstehen hier also weitere Lasten.

Das Aufsetzen eines neuen Geschosses auf ein Gebäude mit Pulldach ist des Weiteren nur dann durchführbar, wenn das oberste Geschoss während der Bauarbeiten leer steht, da die Wohnungen dort sonst keine Decke besitzen. Dementsprechend sollte der Nutzen einer geplanten Maßnahme zuvor abgewogen werden.

---

### Satteldach

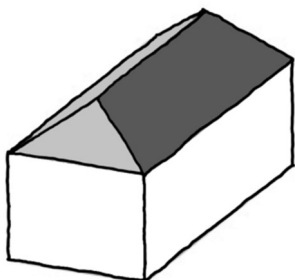


Für die Aufstockung eines Gebäudes mit Satteldach ist es wichtig, wie das statische Modell des Daches aussieht. Handelt es sich um ein Sparren- oder ein Pfettendach? Dies ist bedeutsam, um nachvollziehen zu können, wie sich die Lasten aus dem Dach auf das Bestandsgebäude verteilen. Handelt es sich beispielsweise um ein Pfettendach mit Mittelpfetten, werden durch Stiele oder Wände Lasten in die oberste Geschossdecke und somit in die tragenden Innenwände des Bestandes abgeleitet, während bei einem Sparrendach die Lasten über die Außenwände geführt werden.

Ein Sparrendach besitzt grundsätzlich die Besonderheit, dass am Auflagerpunkt hohe Horizontallasten abgetragen werden müssen. Der Auflagerbereich der Sparren ist auf diese Lasten ausgelegt, z.B. durch die Anordnung von Ringbalken. Die höheren Windlasten, die infolge einer Aufstockung wirken, können über diese Auflager in den Bestand weitergeleitet werden, sofern der Anschlussbereich dementsprechend geplant wird.

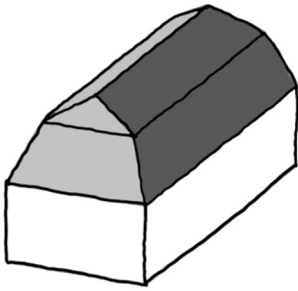
---

### Walmdach



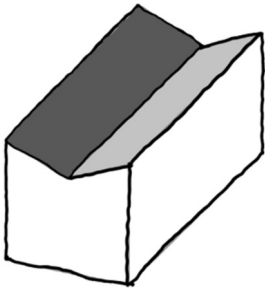
Für Walmdächer gelten grundsätzlich ähnliche Randbedingungen wie für Satteldächer, mit der Ausnahme, dass Walmdächer nicht als Sparrendach ausgebildet werden, da die Konstruktion der Walmflächen mit diesem System nicht herstellbar ist.

### Mansarddach



Mansarddächer sind für Aufstockungen ungeeignet, da diese Dachform gewählt wird, um den Platz im Dachraum für Wohnzwecke zu nutzen. Sollte bei einer solchen Dachform eine Aufstockung geplant werden, wird ein bereits vorhandener Wohnraum durch einen umgebauten Wohnraum gleicher Größe ersetzt. Hierbei ergibt sich kein zusätzlich nutzbarer Wohnraum, was eine Aufstockung wirtschaftlich gesehen wenig sinnvoll macht. Der hohe Planungsaufwand steht dabei einem nur sehr geringen Wohnraumgewinn gegenüber.

### Trogdach



Zwar handelt es sich bei einem Trogdach um ein inverses Satteldach, doch gelten ähnliche Randbedingungen wie bei einem Pultdach. Der Dachraum wird meist bereits genutzt und bei einer Aufstockungsmaßnahme müsste eine zusätzliche Geschossdecke eingezogen werden, die neben den Zusatzlasten der Aufstockung auf den Bestand einwirken würde.

### Exkurs - Wohnflächenberechnung

Bei der Planung einer Aufstockungsmaßnahme sollte untersucht werden, ob ein Dachgeschossausbau eine bessere Alternative für die Schaffung neuen Wohnraumes darstellt. Abhängig von der Dachform sowie der Dachneigung können sich neue Wohnflächen ähnlicher Größe ergeben, wie bei der Durchführung einer Aufstockungsmaßnahme.

Aus statischer Sicht ergeben sich infolge eines Dachausbaus zusätzliche Lasten. Insgesamt entstehen durch den Ausbau jedoch geringere Zusatzlasten als bei einer Aufstockung.

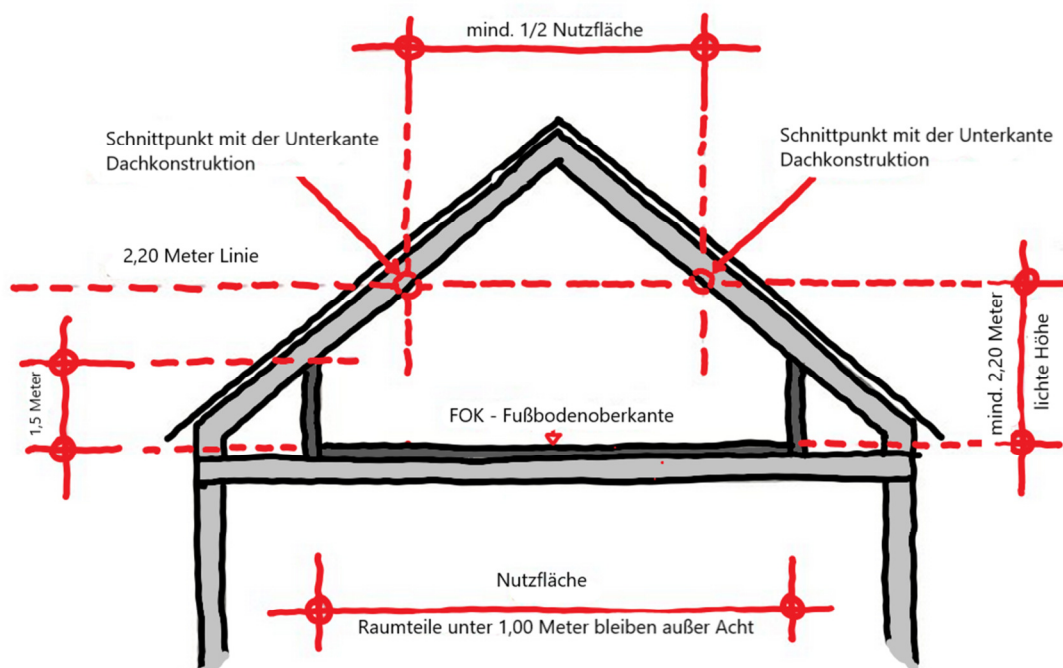


Abbildung 12 Wohnflächenberchnung bei einem Dachgeschossausbau

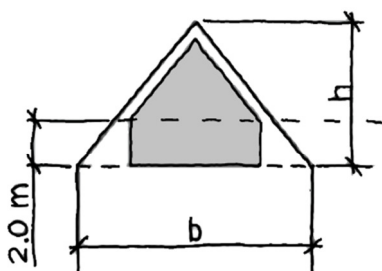
Um einen Vergleich zu geben, wie viel Wohnraum tatsächlich durch einen Dachgeschossausbau gewonnen werden kann, folgt eine Gegenüberstellung anhand eines in Braunschweig im Rahmen dieses Forschungsvorhabens untersuchten Gebäudes. Die Grundwerte des Gebäudes für diesen Vergleich ergeben sich zu:

Breite [m]	$b = 16$
Tiefe [m]	$t = 10,5$
Grundrissfläche [m <sup>2</sup> ]	$A = 168$

Betrachtet wird der tatsächliche Dachstuhl (Satteldach mit Drempel) sowie eine Berechnung des gewonnen Wohnraumes bei Annahme eines Satteldaches ohne Drempel. Diesen Berechnungen gegenübergestellt werden die möglichen Wohnraumgewinne bei Aufstockung eines vollständigen Geschosses. Für die Aufstockung ergibt sich mit den genannten Grundwerten und unter Abzug der Außenwände eine Wohnfläche von etwa 155 m<sup>2</sup>.

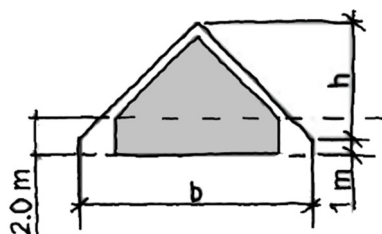
Innenwände werden bei der Berechnung des Dachgeschossausbaus sowie der Aufstockung nicht mitberücksichtigt, da sie für beide Varianten ähnlich angesetzt werden und so die Differenz der Wohnfläche nicht maßgeblich beeinflusst wird.

*Tabelle 9 Wohnflächenberechnung für ein Satteldach ohne Drempelwand*



Dachneigung	Ansetzbare Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	Differenz [%]
16°	58,15	37,51
30°	113,44	73,19
45°	136,50	88,06
60°	149,81	96,65

*Tabelle 10 Wohnflächenberechnung für ein Satteldach mit Drempelwand (Höhe 0,5m)*



Dachneigung	Ansetzbare Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	Differenz [%]
16°	94,76	72,95
30°	131,63	90,79
45°	147,00	98,23
60°	155,88	102,52

Der Vergleich zeigt, dass es bei Satteldächern ab einer Dachneigung von 45° sinnvoll und wirtschaftlich ist, das Dachgeschoss auszubauen, anstatt eine Aufstockungsmaßnahme durchzuführen.

## 3.2 Maßnahmen zur Wiederherstellung der Tragfähigkeit

Ist ein Bestandsgebäude nach einer Bestandsuntersuchung als nicht ausreichend tragsicher für eine Aufstockungsmaßnahme eingestuft worden, sind geeignete Maßnahmen zur Wiederherstellung der Standsicherheit vorzusehen. Folgend werden abhängig vom zu betrachtenden Bauteil einige Möglichkeiten hierfür erläutert.

### 3.2.1 Fundament

Die Instandsetzung von Fundamenten kann vor allem in den folgenden Fällen zwingend erforderlich werden:

- Schwankungen des Grundwasserspiegels,
- Durchführung baulicher Maßnahmen, die die Lastabtragung über die Fundamente in den Baugrund verändern (z.B. auch Aufstockungsmaßnahmen) und
- Nutzungsänderungen.

In jedem dieser Fälle ist vor Beginn der Aufstockungsmaßnahme zu prüfen, ob die Fundamente Instand zu setzen oder weiterhin ausreichend ausgelegt sind. Dabei ist darauf zu achten, dass mehrere Gründe für die Instandsetzung der Fundamente gleichzeitig vorliegen können. Wird beispielsweise ein Nichtwohngebäude zu einem Wohngebäude umgebaut und gleichzeitig aufgestockt, ergibt sich erstens eine Nutzungsänderung und zweitens ein veränderter Lastabtrag über die Fundamente aufgrund der zusätzlichen Auflasten.

Für die Instandsetzung gibt es mehrere Verfahren. Hierzu zählen beispielsweise konventionelle Fundamentverstärkungen, Verpressungen und Vermörtelungen sowie der Einbau von Pfahlgründungen und indirekte Maßnahmen, wie die Baugrundverbesserung. Die Wirtschaftlichkeit solcher Instandsetzungsmaßnahmen ist zu berücksichtigen, da es sich um aufwendige, zeit- und kostenintensive Maßnahmen handelt. [14]

### Fundamentverstärkung

Ist der Baugrund ausreichend tragfähig, kann zur Verhinderung neuer Setzungen das Fundament verbreitert oder die Gründungssohle tiefer gelegt werden. Fundamentverbreiterungen werden beidseitig der Bestandsfundamente als Streichbalken vorgesehen. Ist das Gebäude auf Grundmauern gegründet, wäre es eine statisch bessere Lösung, diese abschnittsweise durch Stahlbetonfundamente zu ersetzen.

Bei der Verbreiterung durch Streichbalken muss der Kraftschluss zwischen den Bestandsfundamenten und der Verbreiterung hergestellt werden. Dies erreicht man durch das Einpressen von mineralischen Pasten in den Spalt zwischen Verbreiterung und Bestandsfundament. Auch die Einbringung von Anschlussbewehrung schließt den Kraftfluss. Erfolgt dieser nicht kann es zu zusätzlichen Setzungen kommen. Anwendung findet die Methode der Fundamentverbreiterung vor allem bei Einzel- oder Streifenfundamenten.

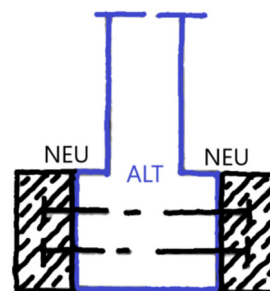


Abbildung 13 Fundamentverbreiterung [15]

## Nachgründung

Ist der Boden unterhalb des Fundamentes nicht ausreichend tragfähig, verwendet man die Methode der Nachgründung (Unterfangung) für die Fundamente. Bei einer Nachgründung geht es darum, die lotrechten Lasten des Bauwerks in die tragfähigeren Bodenschichten zu führen. Bei diesem Vorgehen werden Streichbalken kraftschlüssig mit dem Bestandsfundament verbunden. Die Tiefgründungselemente werden über diese Streichbalken mit dem Bestandsfundament verbunden. Bei den Tiefgründungselementen kann es sich beispielsweise um Kleinbohrpfähle oder Unterfangungsbrunnen handeln. [15]

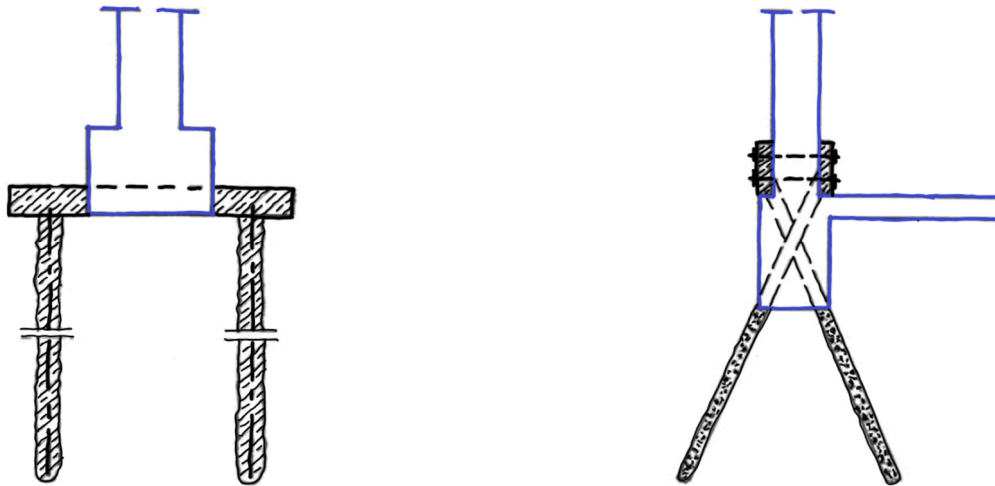


Abbildung 14 Links: Fundamentunterfangung mittels Querbalken; Rechts: Fundamentunterfangung mittels Pfahlböcken [15]

DIN 4123 „Aussachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude“ enthält die Angaben darüber, wie die Arbeiten auszuführen sind und dabei die Gebrauchstauglichkeit sowie die Standsicherheit des Bestandes während und nach der Maßnahme erhalten bleibt.

Bei einer Nachgründung mittels Stahlbetonquerbalken, siehe Abbildung 14, muss das Bestandsfundament zunächst auf ein Ersatzfundament gelagert werden, beispielsweise auf Gewindestangen. Das Fundament wird entlastet und kann freigelegt werden. Der Fundamentkörper wird entfernt und durch ein Stahlbetonfundament ersetzt. Das Ersatzfundament wird meist in die neuen Fundamente mit eingegossen. [15]

Ab Baubeginn müssen alle am Bau Mitwirkenden die Beweissicherungspflicht einhalten. Hierzu sollte der Zustand des Gebäudes zuvor festgehalten und eingemessen worden sein, siehe auch Kapitel 2.1. [13], [14]

### 3.2.2 Tragende Wände

Sind die tragenden Wände nachweislich nicht ausreichend standsicher, um die Zusatzlasten der Aufstockung zu tragen, können verschiedene Maßnahmen ergriffen werden. Zunächst können tragende Zusatzkonstruktionen geplant werden. Diese sind meist mit einem hohem Mehraufwand verbunden, da sie durch den Bestand führen und Bauarbeiten in den Bestandswohnungen stattfinden müssen.

Eine weitere Möglichkeit ist eine außenliegende zusätzliche Tragkonstruktion. Diese muss auf neuen Fundamenten aufgestellt werden und erzeugt ggf. zusätzliche Setzungen. Ist nur ein Teil des bestehenden Tragwerkes nicht ausreichend tragfähig kann zusätzlich geprüft werden, ob ein Teilbereich des Tragwerkes ausgetauscht oder anderweitig instand gesetzt werden kann.

Da die Möglichkeiten für die Instandsetzung bzw. für die Wiederherstellung der Tragfähigkeit vielfältig und unmittelbar auf die vorhandenen Randbedingungen abzustimmen sind, wird hier nur die Empfehlung gegeben, sich nach eingehender Prüfung der Bausubstanz nochmals mit einem Tragwerksplaner in Kontakt zu setzen, um mögliche Lösungswege zu erläutern.

### 3.2.3 Oberste Geschossdecke

Die oberste Geschossdecke stellt für eine Aufstockung in gewisser Weise eine neue Bodenplatte dar. Sie muss ausreichend standsicher sein, um ihrer neuen Wohnnutzung zugeführt werden zu können.

In Kapitel 3.1 wurden bereits die relevanten Nutzlasten, der im Leitfaden betrachteten Baujahre, aus der DIN 1055 zusammengestellt. Problematisch werden die Konstruktionen der obersten Geschossdecke, wenn diese zuvor als Spitzboden ohne Nutzung oder als Flachdach verwendet wurden, siehe Kapitel 3.1.3.

#### Stahlbetondecken

Ist es notwendig die oberste Geschossdecke statisch zu ertüchtigen, gibt es hierzu mehrere Möglichkeiten. Für Stahlbetondecken sind beispielsweise die folgenden Maßnahmen anwendbar:

- das Einbauen einer Fehldecke/-boden als lastverteilende Ebene,
- die Aktivierung der Durchlaufwirkung durch Aufbetonieren der Bestandsdecke und
- das Einkleben von CFK-Lamellen in der Zugzone der Bestandsdecke.

Lastverteilende Ebenen können z.B. durch Gitterrostsysteme in Holzbauweise oder die Anordnung von Balkenelementen oberhalb tragender Wände hergestellt werden. Ziel dieser Maßnahme ist es, die neuen Lasten aus veränderter Nutzung oder neuen Bauteilaufbauten in die tragenden Wände zu leiten, ohne die Bestandsdecke zusätzlich zu belasten. Der entstehende Zwischenraum zwischen Bestandsdecke und neuem Fußbodenaufbau kann z.B. zur Leitungsführung verwendet werden. Hierbei ist die Leitungsführung festzulegen, damit vor Beginn der Bauarbeiten klar ist, wo in der neuen lastverteilenden Ebene Aussparungen vorzusehen sind.

Die Aktivierung der Durchlaufwirkung wird durch die Herstellung eines biegesteifen Verbundes zwischen zwei als Einfeldträgern ausgebildeten Deckenplatten erreicht. Hierzu wird die Bestandsdecke so vorbereitet, dass der hinzugefügte Aufbeton einen kraftschlüssigen Verbund mit der Bestandsdecke herstellt. Da im Bereich von Durchlaufträgern über Auflagern an der Oberseite der Konstruktion Zugspannungen infolge der Momentenbelastung entstehen, ist in diesem Bereich außerdem eine neue Bewehrungslage einzubringen.

Das Einkleben von CFK-Lamellen kann beispielsweise an der Oberfläche der Deckenunterseite (Zugseite) stattfinden oder durch eingebrachte Schlitze in die Decke, in welche die Lamellen eingeklebt werden. Durch diese Maßnahme wird die Decke im Zugbereich so ertüchtigt, dass bei zusätzlicher Last die Verformungen durch die Lamellen behindert werden und diese einen Teil der Last aufnehmen. Problematisch bei dieser Methode ist, dass die Decke nach Durchführung der Maßnahme zusätzlich brandschutztechnisch ertüchtigt werden muss, um im Brandfall weiter funktionieren zu können. Es ist darauf zu achten, dass nur eingeschlitze Lamellen in Stahlbeton- und Betondecken eingebracht werden dürfen. Oberflächlich aufgeklebte Lamellen sind nur in Decken mit einem gewissen Grad an Mindestbewehrung verwendbar.

Für die Ertüchtigung der Bestandsdecke sind vor allem die ersten beiden Methoden zu empfehlen, da diese zu einer neuen Lastverteilung führen und das Tragsystem der Decke so verbessern können, dass sie die neuen Einwirkungen in den Bestand und somit in die Fundamente abtragen können.



Das Kleben von CFK-Lamellen ist eher für die Instandsetzung von geschädigten Decken und nicht zur Tragfähigkeitserhöhung empfehlenswert.

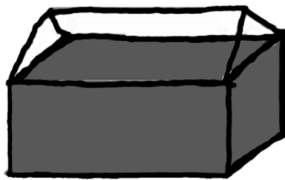
### 3.3 Aufstockungsgeometrie

Die Geometrie der Aufstockungsmaßnahme ist darauf abzustimmen, welche statischen Gegebenheiten der Bestand aufweist. Je nachdem welche Wände tragende oder nichttragende Wände sind sowie abhängig davon, wie das Aussteifungssystem des Bestandes aussieht, eignen sich gewisse Aufstockungsgeometrien mehr oder weniger. Vor allem zu beachten ist das Tragsystem der obersten Geschossdecke, da diese für den Lastabtrag der Aufstockungslasten bedeutend ist.

Folgend werden einige übliche Aufstockungsgeometrien beschrieben und hinsichtlich ihrer statischen Anforderungen beurteilt.

*Tabelle 11 Beschreibung und statische Beurteilung verschiedener Aufstockungsgeometrien*

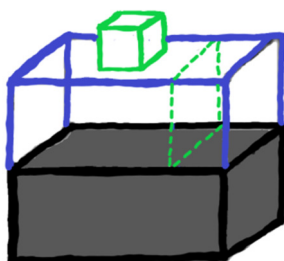
#### Dachgeschossausbau



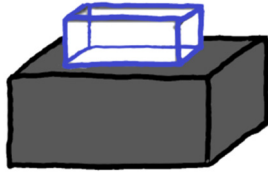
Bei einem Dachgeschossausbau ändert sich wenig am Tragsystem des Bestandes. Die Tragstruktur bleibt weitestgehend unverändert, da der vorhandene Dachstuhl seine Aufgabe weiterhin erfüllt. Zu Einwirkungsänderungen kann es für die oberste Geschossdecke kommen, welche ggf. auf eine neue Nutzlast bemessen werden muss. Zusätzlich werden die tragenden Außenwände sowie die oberste Geschossdecke durch zusätzliches Eigengewicht infolge der Ausbauten belastet.

Dementsprechend lässt sich feststellen, dass der Bestand hauptsächlich durch höhere Lasten beansprucht wird, die Verteilung jedoch beibehalten wird.

#### Fassadengleiche Aufstockung



Eine Aufstockungsgeometrie, welche an die ursprüngliche Fassade anschließt, ist ähnlich zu betrachten, wie ein Dachgeschossausbau, insofern die Außenwände des Bestands tragende Wände sind und die Aufstockung ihre Lasten analog zur ursprünglich vorhanden Dachkonstruktion an den Bestand weiterleitet. Innenwände sollten möglichst an den tragenden Wänden der Untergeschosse orientiert werden damit ein reibungsloser Lastabtrag durch das gesamte Bauwerk gewährleistet werden kann.

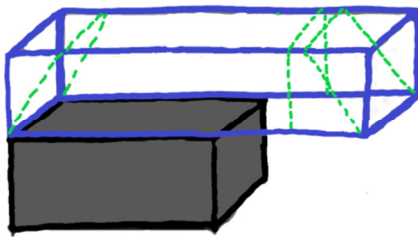


### Staffelgeschoss

Bei Staffelgeschossen ergeben sich die Probleme maßgebend aus der Tatsache, dass die Wände der Staffelgeschosse schwierig an den tragenden Wänden der Untergeschosse orientiert werden können. Für Staffelgeschosse ist es nicht sinnvoll, die tragenden Wände übereinander anzuordnen, da der geplante Grundriss eines Staffelgeschosses anders aussieht, als die Grundrisse der Bestandsgeschosse. In diesem Fall ist die Lastweiterleitung spezifisch zu planen. Des Weiteren ist zu prüfen, ob die oberste Geschossdecke sowie die darunterliegende Tragkonstruktionen diesen veränderten Bedingungen sowohl durch die zusätzlichen Lasten, wie auch den veränderten Lastweg, standhalten.

### Auskragende Aufstockung

Auskragende Aufstockungen können einerseits besondere Probleme im Lastabtrag mit sich bringen, andererseits für einige Bestandsgebäude die richtige Lösung darstellen.



Abhängig davon wie die Auskragung geplant wird, beispielsweise als Einfeldträger mit Kragarm oder als Einfeldträger mit zwei Kragarmen, kann eine auskragende Geometrie den Lastabtrag positiv beeinflussen. Beispielsweise bietet sich durch eine solche Geometrie die Möglichkeit, bereits beschädigte oder weniger tragfähige Wände geringer zu belasten, als tragfähigere Wände. Dies geschieht durch ein geschicktes Umlagern der Kräfte, welches bereits in der Planungsphase zu untersuchen ist.

Andererseits ist für die veränderte Lastaufteilung auf den Bestand nachzuweisen, dass das Tragwerk den veränderten Lastweg verkraften kann und die mehrbeanspruchten Bauteile diese zusätzlichen und ungleichverteilten Lasten sicher weiterleiten können.

## 3.4 Bemessungshinweise

Aktuell gibt es für die Tragwerksbemessung in der Eurocode-Reihe keine Angaben zum Bauen im Bestand. Zwar gibt es mit der Working Group „Existing Structures“ Bemühungen für die materialorientierten Eurocodes jeweils Teile mit Hinweisen für die nachträgliche Bemessung von Bestandstragwerken zu ergänzen. Diese stehen jedoch noch am Anfang. In anderen europäischen Ländern ist man hiermit bereits weiter vorgeschritten. In der Schweiz beispielsweise wird mit der SIA 269-Reihe die Bemessung von Bestandstragwerken geregelt.

### 3.4.1 SIA 269 „Erhaltung von Tragwerken“

Die SIA 269 stützt sich auf die Norm SIA 469 „Erhaltung von Bauwerken“ und ergänzt die SIA 260 im Bereich der Erhaltung bestehender Tragwerke. Sie besteht aus den in Tabelle 12 genannten Teilen. Es

wird in Einwirkungs- und Widerstandsseite unterschieden und so die Möglichkeit gegeben, Bestandstragwerke nach probabilistischem Sicherheitskonzept neu zu bemessen.

*Table 12 Inhalte der Schweizer Normenreihe SIA 269*

Norm SIA 269	Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken
Norm SIA 269/1	Einwirkungen
Norm SIA 269/2	Betonbau
Norm SIA 269/3	Stahlbau
Norm SIA 269/4	Stahl-Beton-Verbundbau
Norm SIA 269/5	Holzbau
Norm SIA 269/6-1	Mauerwerksbau Teil I: Natursteinmauerwerk
Norm SIA 269/6-2	Mauerwerksbau Teil II: Mauerwerk aus künstlichen Steinen
Norm SIA 269/7	Geotechnik
Norm SIA 269/8	Erdbeben

Im Semi-probabilistischen Sicherheitskonzept werden Teilsicherheitsbeiwerte auf Einwirkungs- sowie auf Widerstandsseite berücksichtigt. Auf der Einwirkungsseite erhöhen die Teilsicherheitsbeiwerte, abhängig von der Art der Einwirkung (ständige, veränderliche oder außergewöhnliche Einwirkung), die prognostizierten Einwirkungen. Auf Widerstandsseite wird mit den Teilsicherheitsbeiwerten der Tragwiderstand reduziert. Man berücksichtigt dementsprechend Modellungenauigkeiten auf Einwirkungs- und Widerstandsseite, um mit ausreichender Wahrscheinlichkeit sicherstellen zu können, dass ein Tragwerk den Einwirkungen über seine gesamte Nutzungsdauer standhält.

Bei den genannten Modellungenauigkeiten handelt es sich auf Einwirkungsseite beispielsweise um abweichende Abmessungen oder Materialeigenschaften. Eine Stahlbetondecke kann zum Beispiel aufgrund des Schalungsdruckes größere Abmessungen besitzen und so das Eigengewicht der Decke erhöhen. Gleichzeitig ist es möglich, dass das angenommene Flächengewicht der Decke abweicht. So kann das Eigengewicht der Decke im Worst-Case sowohl durch die größeren Abmessungen, wie auch durch eine höhere Rohdichte deutlich größer sein, als in der statischen Berechnung angesetzt. Diese Unsicherheiten werden durch den, das Eigengewicht erhöhenden, Teilsicherheitsbeiwert aufgefangen.

Beim Bauen im Bestand können diese Eigenschaften kategorisiert festgestellt werden. Die Abmessungen lassen sich beispielsweise mittels Nivellierung oder Bohrkernentnahmen bestimmen. Die Rohdichte ist ebenfalls durch Probennahme bestimmbar. Mit diesem Vorgehen können die, in die Berechnung des Eigengewichts eingehenden, Parameter detailliert festgehalten und die Modellunsicherheiten abgemindert werden. In der SIA 269 darf für den Teilsicherheitsbeiwert nach diesem Vorgehen ein Wert von  $\gamma_{G,act} = 1,2$  angesetzt werden. [16] Ein ähnliches Vorgehen ergibt sich analog für die Widerstandsseite.

### 3.4.2 Hinweise der ARGEBAU

Die Fachkommission Bautechnik der Bauminsterkonferenz der Bundesländer (ARGEBAU) hat im Jahr 2008 das Arbeitspapier „Hinweise und Beispiele zum Vorgehen beim Nachweis der Standsicher-

heit beim Bauen im Bestand“ herausgegeben. Dieses beschäftigt sich mit der Änderung baulicher Anlagen, bei welchen sich die aktuellen bautechnischen Vorschriften von denen des Errichtungszeitpunktes unterscheiden. Bei diesen baulichen Anlagen ist nach Angaben der ARGEBAU zu klären, „auf welcher Grundlage bautechnische Nachweise zu führen sind und wie in diesem Zusammenhang mit dem Grundsatz des Bestandsschutzes umzugehen ist.“ [17]

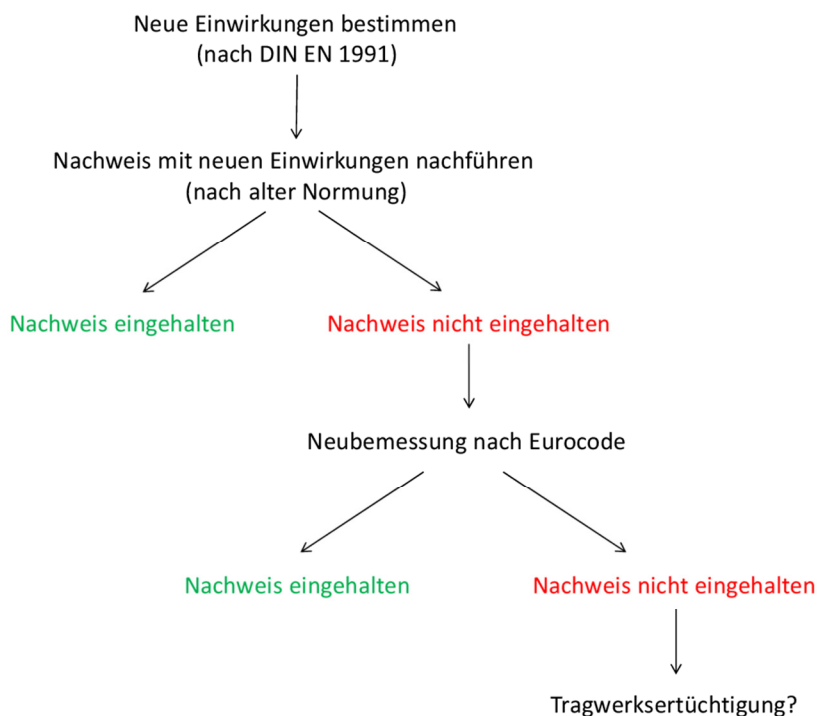
Für die genannten baulichen Anlagen gibt die ARGEBAU dementsprechend Hinweise für Planer und Ausführende, wie in solchen Fällen verfahren werden soll. Bei der Änderung baulicher Anlagen des Bestandes gilt grundsätzlich der Bestandsschutz. Dieser kann außer Kraft gesetzt werden, wenn eine Änderung des Bestandes zu einer Gefahr von Leben und Gesundheit führt. Der Bestandsschutz darf nur erhalten bleiben, wenn eine Änderung die ursprüngliche Standsicherheit gewährleisten kann. [17]

Bei der Aufhebung des Bestandsschutzes sind die unmittelbar von der Änderung betroffenen Teile der baulichen Anlagen nach aktuell gültigen Technischen Baubestimmungen zu bemessen. [17] Problematisch bei dieser Forderung ist, dass es derzeit kein allgemein gültiges Konzept zur Bemessung von Bestandsgebäuden in Deutschland gibt, welches auf den Anforderungen des semiprobabilistischen Sicherheitskonzeptes basiert.

Für die Neubemessung des Bestandes für Aufstockungsmaßnahmen sind im Arbeitspapier zwei Abschnitte von besonderer Bedeutung:

*„Bei Umbaumaßnahmen sind zunächst nur die unmittelbar von der Änderung berührten Teile mit den Einwirkungen nach den aktuellen Technischen Baubestimmungen nachzuweisen. Hierunter fallen Anbauten und Aufstockungen bei bestehenden baulichen Anlagen.“ [17] und „Bei Baumaßnahmen, die Auswirkungen auf das bestehende Gebäude haben (z.B. [...] Aufstockungen) ist in jedem Einzelfall zu prüfen, inwieweit die Einwirkungen nach den aktuellen Technischen Baubestimmungen auch auf die nicht unmittelbar von der Baumaßnahme betroffenen Teile anzusetzen sind. Der bauliche Bestandsschutz bleibt nur dann erhalten, wenn die Standsicherheit der bestehenden baulichen Anlage, die nach den ursprünglichen bautechnischen Vorschriften nachgewiesen wurde, auch weiterhin gewährleistet ist.“ [17]*

Das Vorgehen zur Nachbemessung ist im Arbeitspapier nicht vorgegeben. Ein mögliches Vorgehen zur Nachbemessung des Bestandes hinsichtlich der Aufstockungsmaßnahme ist in Abbildung 15 dargestellt.



**Abbildung 15** Vorgehen zur Neubemessung eines Bestandsgebäudes für eine Aufstockung

Die Einwirkungen sind, wie es das Arbeitspapier verlangt, nach neuen technischen Baubestimmungen, also nach DIN EN 1991, neu zu bestimmen. Anschließend sind die von der Einwirkungsänderung betroffenen Bauteile mit diesen Einwirkungen neu nachzuweisen. Dies kann nach dem Vorgehen in der Altstatik geschehen. Dabei ist es trotzdem wichtig, dass die Festigkeiten der Baustoffe im Bestand neu ermittelt werden, da die Festigkeiten aus der Altstatik eventuell nicht mehr mit den aktuellen übereinstimmen. Feuchteschäden am Mauerwerk können beispielsweise dazu führen, dass das Mauerwerk an Festigkeit verliert, da die Fugen auswaschen oder sich die Eigenschaften der Steine verändern.

Zusätzlich sind die in der Altstatik verwendeten Festigkeiten nach alten Normen und mit anderen Verfahren ermittelt worden, als es der Eurocode heute vorschreibt. Ist der Nachweis nach Altstatik mit neuen Einwirkungen nicht erfüllt, besteht die Möglichkeit den Nachweis des Bestandes nach Eurocode nachzuführen. Hierfür müssen die tatsächlichen Festigkeiten der Baustoffe bekannt sein.

Anmerkung: Die Neubemessung nach Eurocode hat den Nachteil, dass die neu ermittelten Festigkeiten, auch bei der Ermittlung mit den nach Eurocode zulässigen Verfahren, nicht ausreichend genau bestimmt werden können. Dies liegt daran, dass aus dem Bestand nur eine begrenzte Anzahl an Proben genommen werden kann, um seine Tragfähigkeit nicht zu beeinträchtigen. Außerdem führen die Stellen der Probenentnahme zu Problemen. Aus theoretischer Sicht müssen an möglichst vielen unterschiedlichen Stellen im Gebäude Proben genommen werden, diese können abhängig von ihrem Standort in ihren Festigkeiten stark variieren. Zum einen liegt dies darin begründet, dass sich abhängig vom Standort des beprobten Bauteils die Baustoffeigenschaften durch Schäden unterschiedlich stark verändert haben. Des Weiteren können die Baustoffe variieren, so dass die Festigkeiten lokal abweichen können.

### 3.5 Vergleichsrechnung Einwirkungen

Um die statischen Änderungen für ein Bestandsgebäude deutlich zu machen, werden im Folgenden kurz die Einwirkungen nach Eurocode für drei Fälle bestimmt:

- Einwirkungen aus dem Bestandsdach,
- Einwirkungen infolge eines Dachausbaus und
- Einwirkungen infolge einer Aufstockungsmaßnahme.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es sich um überschlägliche Berechnungen handelt, die zur groben Abschätzung der Einwirkungsänderungen auf ein Bestandsgebäude dienen sollen. Betrachtet werden die ständigen Einwirkungen aus dem Eigengewicht der Konstruktion sowie die veränderlichen Lasten aus Nutzlast, Schneelast und Windlast.

Als Grundlage der Berechnungen dient ein Bestandsgebäude in Braunschweig, das in vollständigen Plänen vorliegt. Bei dem Dach handelt es sich um ein nicht ausgebautes Kehltriegdach mit einem Sparrenabstand von  $e=0,8\text{ m}$ , siehe Abbildung 16.

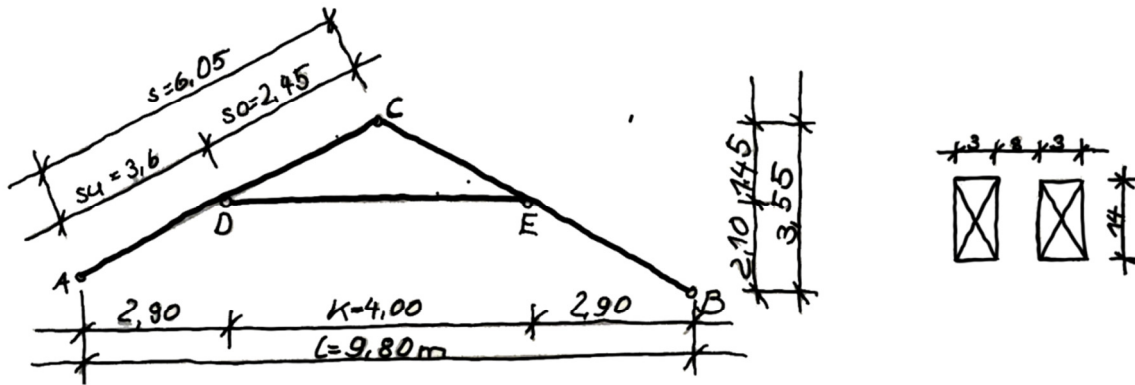


Abbildung 16 Links: Statisches System eines Bestandsdaches; Rechts: Querschnitt des Kehltriegs

#### 3.5.1 Einwirkungen aus Eigengewicht

##### Bestandsdach

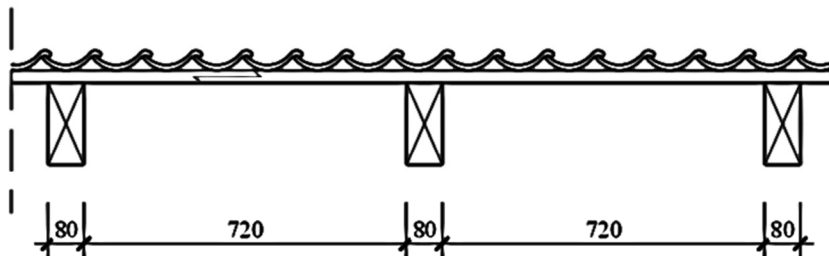


Abbildung 17 Aufbau des Bestandsdaches (Probegebäude Braunschweig)

Sparrenabmessung:	b/h = 8cm/16cm
Kehltriegelabmessung:	2 x b/h = 2 x 3cm/14cm (siehe Abbildung 16)
Holz:	Nadelholz (Annahme: C 24)
Dachdeckung:	Ziegel – Hohlpfannen
Sparrenabstand:	e = 0,8 m

Nach alter Bemessung nach DIN 1055 Blatt 1 Juni 1940 ergab sich ein Eigengewicht der Dachkonstruktion von:

*Tabelle 13 Eigengewicht des Bestandsdaches*

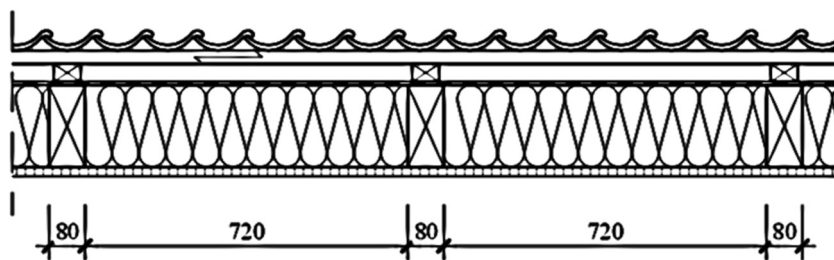
Dachhaut Ziegel-Hohlpfannen	= 70 kg/m <sup>2</sup>
Sparren + Verbände	= 15 kg/m <sup>2</sup>
Ständige Last	g = 85 kg/m <sup>2</sup>

Umgerechnet entspricht dies einer Last von  $g = 0,85 \frac{kN}{m^2}$ .

### Dachausbau

Bei einem Dachausbau bleibt die Geometrie des Daches grundsätzlich erhalten. Die äußeren Lasten wie Schnee, Wind und Nutzlast treffen auf die gleiche Dachfläche wie zuvor. Durch den Ausbau ändert sich das Eigengewicht des zuvor unausgebauten Daches. Die bauphysikalischen Anforderungen müssen erfüllt werden, so dass die reine Holzkonstruktion und die Dachhaut als Konstruktion nicht mehr genügen.

Als Beispiel soll hier ein Dachaufbau gewählt werden, wie er in Abbildung 18 dargestellt ist.



*Abbildung 18 Dachaufbau des Bestandsdaches in ausgebauter Form*

Die Last pro Quadratmeter Dachfläche ergibt sich wie folgt:

*Tabelle 14 Eigengewicht durch einen Dachgeschossausbau*

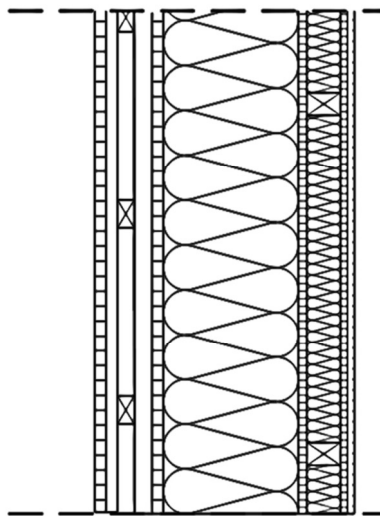
Dachhaut Ziegel-Hohlpfannen	= 0,70 kN/m <sup>2</sup>
Konterlattung	= 0,013 kN/m <sup>2</sup>
Unterspannbahn	-
Sparren + Verbände	= 0,15 kN/m <sup>2</sup>
Holzfaserdämmung	= 0,158 kN/m <sup>2</sup>
OSB-Platte	= 0,176 kN/m <sup>2</sup>
<hr/>	
Ständige Last g	= 1,197 kN/m <sup>2</sup>

Für diesen Dachaufbau ergibt sich nach DIN EN 1991-1 eine Last von 1,197 kN/m<sup>2</sup>.

### Aufstockung

Für die Aufstockung ist ein Vergleichswert zu bestimmen, der sich nicht mehr auf die ursprüngliche Dachkonstruktion bezieht, sondern das veränderte Tragsystem der Aufstockung einschließt. Das Bestandsdach trägt über die Fußpfetten die Lasten des Daches auf die Bestandsdecke und somit auf die Außenwände ab. Im Fall der Aufstockung ändert sich diese Lastverteilung, da eine zusätzliche Innenwand zum Lastabtrag herangezogen und das neue Dach als Flachdach in Form eines Zweifeldträgers angenommen wird.

Außerdem muss bei einer Aufstockung nicht nur das Eigengewicht der eigentlichen Dachkonstruktion dem Bestand beaufschlagt werden, sondern auch die zusätzlichen neuen Wände. Dabei werden für die Aufstockung im Bereich der ursprünglichen Fußpfetten zwei Außenwände berücksichtigt sowie eine Innenwand oberhalb einer tragenden Wand innerhalb der Grundrisse des Bestandes. Für das neu entstehende Geschoss wird von einer lichten Höhe von 2,55 m ausgegangen, dies entspricht etwa der Höhe eines Bestandsgeschosses.



*Abbildung 19 Angenommener Außenwandaufbau der Aufstockungsplanung*





**Tabelle 16 Eigengewicht einer Flachdachkonstruktion einer fiktiven Aufstockung**

Metalleindeckung	= 0,35 kN/m <sup>2</sup>
3x Bitumendachbahn	= 0,07 kN/m <sup>2</sup>
Schalung	= 0,101 kN/m <sup>2</sup>
Lattung	= 0,043 kN/m <sup>2</sup>
Aufdachdämmung	= 0,132 kN/m <sup>2</sup>
Sparren	= 0,108 kN/m <sup>2</sup>
Mineralfaserdämmung	= 0,174 kN/m <sup>2</sup>
Federschiene	= 0,026 kN/m <sup>2</sup>
2 x Gipskarton	= 0,225 kN/m <sup>2</sup>
Ständige Last g	= 1,159 kN/m <sup>2</sup>

### 3.5.2 Einwirkungen aus Nutzlast

Die Nutzlast auf ein Dach ist unabhängig von der tatsächlichen Dachform, zu beachten ist hierbei lediglich, dass Flachdächer mit einer höheren Nutzlast zu beaufschlagen sind, wenn sie als Dachterasse genutzt werden. Im hier abgebildeten Vergleich ist das nicht der Fall.

Nach alter Bemessung gemäß DIN 1055 Blatt 3 (Februar 1951) wurde für ein Dach folgendes festgelegt:

*„Einzelne Tragglieder: Bei Dächern ist in der Mitte der einzelnen Sprossen, Sparren oder Pfetten und in der Mitte von Dachwerkstäben (Obergurten), die unmittelbar die Dachhaut tragen, unter Außerachtlassung der Schnee- und Windlasten eine Einzellast von 100 kg anzunehmen für Personen, die das Dach bei Reinigungs- und Wiederherstellungsarbeiten betreten, wenn die auf diese Tragteile entfallende Wind- und Schneelast kleiner als 200 kg ist.“*

Nach DIN EN 1991-1-1 muss ebenfalls eine Einzellast als Nutzlast für eine Person auf dem Dach angesetzt werden, sie beträgt 1 kN.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Nutzlasten weniger für die Dachkonstruktion einer Aufstockung zum Problem werden, sondern mehr für die oberste Geschossdecke, welche zuvor eventuell nicht für Nutzlasten infolge Wohnnutzung ausgelegt war, da es sich um einen nichtgenutzten Dachraum handelte oder eine Flachdachkonstruktion, bei der nur die genannte Personenlast von 1 kN anzusetzen war.

### 3.5.3 Einwirkungen aus Schneelast

#### Bestandsdach - Satteldach

Nach DIN 1055 Blatt 5 (Dezember 1936) ist für Dächer mit einer Dachneigung  $\alpha = 35^\circ$  eine Schneelast von 60 kg/m<sup>2</sup> anzusetzen. Dies entspricht umgerechnet einer Last von etwa 0,6 kN/m<sup>2</sup>.

Im Vergleich ergibt sich nach DIN EN 1991-1-3 für ein Satteldach mit einer Dachneigung von 35° eine Schneelast von 0,44 kN/m<sup>2</sup>. Anzumerken wäre hier, dass infolge des Winters 1978 nach aktueller Normung Schnee in der Norddeutschen Tiefebene zusätzlich als Außergewöhnliche Last anzusetzen wäre, dies bleibt bei dieser Vergleichsrechnung unberücksichtigt.

### Aufstockung – Flachdach

Für das neue Flachdach ergibt sich nach DIN EN 1991-1-3 eine Schneelast von  $0,55 \text{ kN/m}^2$  auf die Dachfläche.

### 3.5.4 Einwirkungen aus Windlast

#### Bestandsdach - Satteldach

DIN 1055 Blatt 4 Juni 1938 ergibt sich für die Windlast auf Dächer bei einer Höhe zwischen 8 m und 20 m (Bestandsgebäude Höhe = 13,3m) ein Stau druck  $q = 80 \frac{\text{kp}}{\text{m}^2}$ , Die Windlastverteilung ergibt sich nach Abbildung 21.

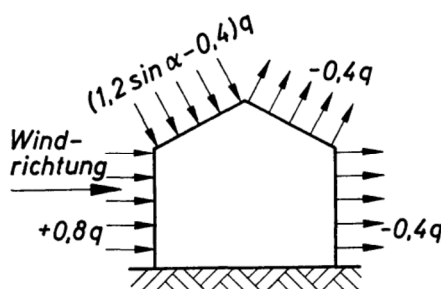


Abbildung 21 Windlast auf ein Gebäude mit Satteldach nach DIN 1055 Blatt 4 (Juni 1938)

„Für die einzelnen Tragglieder, z.B. Sparren [...] sind in diesem Falle die Werte für Druck um  $\frac{1}{4}$  zu erhöhen.“ Auf die Dachfläche ergibt sich auf der windzugewandten Seite dementsprechend eine Windlast von

$$w = (1,2 \cdot \sin(35^\circ) - 0,4) \cdot 80 \frac{\text{kp}}{\text{m}^2} = 23,06 \frac{\text{kp}}{\text{m}^2}$$

Dies entspricht umgerechnet einer Winddrucklast von  $0,23 \text{ kN/m}^2$  auf die Dachfläche und  $0,29 \text{ kN/m}$  auf den Sparren. Auf der windabgewandten Seite ergibt sich eine Windsoglast von

$$w = (-0,4) \cdot 80 \frac{\text{kp}}{\text{m}^2} = -32 \frac{\text{kp}}{\text{m}^2}$$

Oder umgerechnet  $0,32 \text{ kN/m}^2$ . Bezogen auf einen Sparren ergibt sich eine Windsoglast von  $0,4 \text{ kN/m}$ .

Nach DIN EN 1991-1-4 würde sich der Böengeschwindigkeitsdruck zu  $q_p = 0,8 \text{ kN/m}^2$  bestimmen. Zu Vergleichszwecken wird die Windlast, abhängig von der Bereichsaufteilung für Satteldächer, über die gesamte Dachfläche gemittelt. Die maximale Windlast ergibt sich für das betrachtete Satteldach so zu  $0,48 \text{ kN/m}^2$ .

### Aufstockung – Flachdach

Auch für das Flachdach der Aufstockung wird an dieser Stelle mit einem gemittelten Maximalwert der Windlast gerechnet. Diese tritt bei Flachdächern im Bereich I der Windflächen auf und ergibt sich bei einem Böengeschwindigkeitsdruck von  $0,8 \text{ kN/m}^2$  zu  $0,16 \text{ kN/m}^2$  auf die Dachfläche.

Es sei darauf hingewiesen, dass es hierbei um die vertikal über die Dachfläche abzutragenden Lasten geht. Die für die Bemessung der Aussteifung zusätzlich zu betrachtenden horizontalen Windlasten bleiben für diesen Vergleich unberücksichtigt.

### 3.5.5 Resultierende Last auf den Bestand

Nachdem nun die Einwirkungen für das bisherige Bestandsdach, einen Dachausbau und die Aufstockungskonstruktion zusammengestellt sind, können die resultierenden Lasten der jeweiligen Konstruktionen auf den Bestand ermittelt werden. Hierzu wird für die Außenwände jeweils eine resultierende Auflagerkraft der Konstruktion bestimmt, welche sich als Streckenlast in kN/m über die gesamte Gebäudelänge verteilt.

Nachdem diese Vergleichslast bestimmt wurde, werden zusätzlich die Nachweise der Altstatik mit den neuen, resultierenden Einwirkungen nochmals geführt, um abzugleichen, ob die Nachweise auch für die nach DIN EN 1991 ermittelten Einwirkungen eines Dachausbaus sowie die einer Aufstockungskonstruktion noch eingehalten sind.

Resultierende Lasten auf die traufseitigen Außenwände:

*Tabelle 17 Resultierende Lasten auf die traufseitigen Außenwände*

	Resultierende Last A [kN/m]
Bestandsdach nach alten Normen	10
Bestandsdach nach Einwirkungskombinationen	9,95
Dachausbau nach Einwirkungskombinationen	12,07
Aufstockung nach Einwirkungskombinationen	7,82

Für die Mittelwand ergibt sich – gemittelt – eine zusätzliche Last aus der Aufstockungskonstruktion von 18,57 kN/m, gerundet angenommen zu 19 kN/m.

Folgend werden die Nachweise der tragenden Wände aus der Altstatik nochmals mit den sich nun ergebenden, neuen Lasten aus Dachausbau und Aufstockung geführt, um zu prüfen, welchen Einfluss die jeweilige Einwirkungsänderung tatsächlich hat. Für die Mauerwerkswände werden dabei die zulässigen Spannungen den vorhandenen, tatsächlich auftretenden Spannungen gegenübergestellt:

$$\sigma_{\text{vorh.}} < \sigma_{\text{zul.}}$$

Für die Mittelwand sowie die Außenwände ergeben sich die Nachweise für die jeweilige Belastungssituation (Bestandsdach, Dachausbau und Aufstockung) gemäß Tabelle 18.

*Tabelle 18 Nachweis der Außenwände und der Mittelwand hinsichtlich der vertikalen Belastung im KG infolge der resultierenden Lasten*

	Mittelwand	Außenwände
Bestandsdach	$1,48 \frac{kg}{cm^2} < 1,5 \frac{kg}{cm^2}$	$1,44 \frac{kg}{cm^2} < 1,5 \frac{kg}{cm^2}$
Dachausbau <sup>5</sup>	$1,48 \frac{kg}{cm^2} < 1,5 \frac{kg}{cm^2}$	$1,46 \frac{kg}{cm^2} < 1,5 \frac{kg}{cm^2}$
Aufstockung	$1,54 \frac{kg}{cm^2} < 1,5 \frac{kg}{cm^2}$	$1,42 \frac{kg}{cm^2} < 1,5 \frac{kg}{cm^2}$

<sup>5</sup> In der Altstatik wurde bereits eine Nutzlast auf die oberste Geschossdecke angesetzt, die einer üblichen Wohnnutzung entsprach, so dass sich die Einwirkungen aus der obersten Geschossdecke für den Nachweis der Mittelwand nicht weiter ändern.



## 4 Baurecht

Für die erfolgreiche Verwirklichung einer Aufstockungsmaßnahme sind die rechtlich-bindenden Anforderungen des deutschen Baurechtes während des gesamten Bauprozesses von der Planung bis zur Ausführung einzuhalten. Bereits in der Anfangsphase der Planung sind die wesentlichen rechtlichen Anforderungen zu identifizieren, weil damit die Randbedingungen für die Aufstockungsmaßnahme hinsichtlich des Baurechtes abgesteckt werden. Durch die hohe Komplexität und Vielschichtigkeit der baurechtlichen Gesetze, Verordnungen und Vorschriften, die sich zudem regional unterscheiden können, ist eine angemessene Kompetenz bei den Planungsbeteiligten bereits in den frühen Phasen der Planung unabdingbar. Besonders, weil Missachtungen, gleichgültig ob absichtlich oder unwissentlich, von den rechtlichen Anforderungen zu empfindlichen Störungen im Bauablauf führen können, was meistens mit einer beträchtlichen Kostensteigerung der gesamten Baumaßnahme einhergeht.

Die Gesetze, Verordnungen und Vorschriften, die dem Sammelbegriff „Baurecht“ untergeordnet werden, dienen grundsätzlich zur Beantwortung der folgenden Fragestellungen. Im Rahmen einer Aufstockungsmaßnahme könnten diese beispielhaft wie folgt lauten:

- Wo ist eine Aufstockungsmaßnahme rechtlich genehmigungsfähig?
- Was ist im Rahmen einer Aufstockungsmaßnahme zulässig?
- Welche Anforderungen muss die Aufstockungsmaßnahme erfüllen?
- Wer ist für die Einhaltung der rechtlichen Regelungen verantwortlich?

Diese baurechtlichen Fragestellungen werden durch die bauplanungs- und bauordnungsrechtlichen Vorschriften von Bund und Länder behandelt [Vgl. 18]. Weitergehend können auch durch Städte und Kommunen baurechtlich-bindende Vorschriften im Bereich der Bebauungspläne erlassen werden, deswegen sind im Bereich des öffentlichen Baurechtes eine Vielzahl an rechtlichen Anforderungen auch bei Aufstockungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Eventuelle Anforderungen aus dem Bereich des privaten Baurechtes können hierbei im Leitfaden nicht berücksichtigt werden, weil die Vereinbarungen und Regelungen immer individuell unterschiedlich zwischen den Vertragspartnern ausgehandelt werden und häufig einer Aufstockungsmaßnahme als solches nicht behindern.

In den frühen Phasen eines Aufstockungsprojektes sollte folglich eine Recherche der gültigen und anzuwendenden, rechtlichen Anforderungen erfolgen. Hierfür empfiehlt sich, neben dem Architekten, entsprechende Fachplaner frühzeitig mit einzubeziehen, weil diese die rechtliche Situation der regionalen Gegebenheiten besser einschätzen können. Im Leitfaden werden die wesentlichen rechtlichen Anforderungen, die bei einer Aufstockungsmaßnahme zwingend zu berücksichtigen sind, aufgeführt und die entsprechende Interpretation erläutert.

### 4.1 Regelung und Erlöschen des Bestandsschutzes

Bei Baumaßnahmen, die bestehende Gebäudekonstruktionen umfassen, muss stets die Frage zur Legitimität des Bestandsschutzes für das Bestandsgebäude beurteilt werden. Der Umfang der Baumaßnahme und die historisch rechtliche Konformität des Bestandsbauwerks sind entscheidend für die Legitimität des Bestandsschutzes. Die Beurteilung dieser Fragestellung beinhaltet in der Praxis ein hohes Konfliktpotenzial, weil die Regelungen und Bewertungsgrundlagen des Bestandsschutzes keine konkreten Grenzwerte und Anhaltspunkte vorschreiben.

Grundsätzlich gilt für jedes bestehende Gebäude erstmal der Bestandsschutz, wenn das Gebäude genehmigt und genehmigungskonform errichtet wurde. Gebäude, die ohne rechtswirksame Genehmigung erbaut wurden, können auch unter den Bestandsschutz fallen, wenn sie zum Zeitpunkt ihrer Errichtung dem geltenden Recht entsprochen haben. In beiden Fällen erlischt der Bestandsschutz, wenn in der Nutzungszeit eine rechtswidrige Änderung an der Gebäudekonstruktion vorgenommen wurde. Der Bestandsschutz eines Gebäudes erlischt ebenfalls, wenn aus der bestehenden Gebäudestruktur erhebliche Gefahren für Leben und Gesundheit hervorgehen. Nur bei Einhaltung dieser Regelungen kann für ein Bestandsgebäude der Bestandsschutz herangezogen werden. Dieses rechtliche Vorgehen führt bei realen Gebäuden zu Einzelfallentscheidungen, die je nach Sachlage eine komplizierte Beweisführung erfordern können.

Werden Baumaßnahmen in Gebäuden mit Bestandsschutz geplant, besteht die Möglichkeit, dass der Bestandsschutz erlöschen kann. Hierbei sind der Umfang der Baumaßnahme und deren Zweck von wesentlicher Bedeutung. Instandsetzungen und Reparaturen der Gebäudekonstruktion führen allgemein nicht zur Veränderung der Legitimität des Bestandsschutzes. Bei Änderungen und Umbauten ist der Umfang der Baumaßnahme entscheidend über den Erhalt des Bestandsschutzes. Der Bestandsschutz ist gefährdet, wenn eine der aufgelisteten Beispielfragen durch die Baumaßnahme bejaht wird.

- Wird das Wesen des Gebäudes erheblich verändert?
- Wird die genehmigte Nutzung nachhaltig geändert?
- Ist der Aufwand der Baumaßnahme mit einem Neubau vergleichbar?
- Wird eine statische Neuberechnung des Tragwerks erforderlich?

Wenn als Konsequenz dieser rechtlichen Fragestellung kein Bestandsschutz besteht oder durch die Baumaßnahme erlischt, müssen das Bestandsgebäude und die Baumaßnahmen die aktuellen baurechtlichen Anforderungen einhalten.

Bei Aufstockungen ist mit dem Erlöschen des Bestandsschutzes bei jeder baulichen Maßnahme zu rechnen. Nur bei Dachgeschossausbauten besteht die Möglichkeit, dass der Umfang der Änderung am Gebäude minimal ist und daher der Bestandsschutz erhalten bleiben kann. Bei einer Änderung der Gebäudeklasse kann immer vom Wegfall des Bestandsschutzes ausgegangen werden. [vgl. 19]

## 4.2 Anforderungen durch das Bauplanungsrecht

Die allgemeine Zulässigkeit eines Bauvorhabens wird im Bereich des Bauplanungsrecht und der Bauleitplanung von den Gesetzen, Verordnungen und den behördlichen Plänen geregelt. Das Bauplanungsrecht bildet die rechtliche Grundlage für die Umsetzung und Durchführung der Bauleitplanung. Hiermit werden besonders die Rechte der Gemeinden und die Abläufe der wesentlichen Verfahren für die Bauleitplanung geregelt. Die Bauleitplanung befasst sich mit den vorhandenen Flächen und legt deren bauliche oder sonstige Nutzung fest. Dadurch werden die Struktur und die Erscheinung der Gemeinde maßgebend gelenkt. Diese hoheitlichen Aufgaben werden von der betroffenen Gemeinde, in der sich das Baugebiet befindet, ausgeübt.

Die Bauleitplanung besitzt als Instrumente der Veröffentlichung ihrer Festlegungen den Flächennutzungs- und den Bebauungsplan. Der Flächennutzungsplan umfasst generell das gesamte Gemeindegebiet (vgl. §5 BauGB), für das dieser gültig ist. Die übergeordnete Struktur der Gemeinde soll erkennbar werden. Die Angaben zur Nutzung von Flächen sind allgemein gefasst und eine genauere Detailierung im Bebauungsplan ist erforderlich. Im Flächennutzungsplan sind daher nur wesentli-



che Angaben zu öffentlichen Gebäuden (z.B. Schulen, Krankenhäuser usw.) und der infrastrukturellen Situation (z.B. Straßen und Versorgungsleitungen) der Gemeinde zu entnehmen. Der Flächennutzungsplan ist ein vorbereitender Bauleitplan und dient den Behörden als Anhaltspunkt für die weitergehende Bauleitplanung. Grundsätzlich sind die Angaben des Flächennutzungsplanes für die bauliche Situation von einzelnen Gebäuden recht oberflächlich, doch können nützliche Hinweise zur vorgesehenen Art des Baugebietes gewonnen werden.

Die Ergebnisse der detaillierten und verbindlichen Bauleitplanung werden grundsätzlich im Bebauungsplan von den jeweiligen Baubehörden veröffentlicht. Die dort festgehaltenen Bedingungen regeln die städtebauliche Ordnung und dienen zur Wahrung des Allgemeinwohles (vgl. §8 BauGB). Die wesentlichen Vorgaben an die bauliche Gestaltung eines Grundstückes sind in der nachstehenden Auflistung aufgeführt.

- Art der baulichen Nutzung,
- Maß der baulichen Nutzung,
- Überbaubare Grundstücksfläche,
- Örtliche Verkehrsflächen,
- Bauweise,
- Abweichende Regelungen zu den Abstandsflächen gemäß der jeweiligen Bauordnung,
- Maße der Baugrundstücke,
- Höchstzulässige Anzahl an Wohnungen im Wohngebäude,
- Nutzungszwecke von Flächen,
- Schutzflächen und freizuhaltende Flächen und
- Lage und Führung von Versorgungsleitungen und –anlagen.

Werden Aufstockungsplanungen für ein bestehendes Gebäude angedacht, müssen die rechtlichen Vorgaben aus dem aktuellen Bebauungsplan berücksichtigt werden. Besonders wichtige Angaben, die die Realisierung einer Aufstockungsmaßnahme maßgebend reglementieren könnten, sind das Maß der baulichen Nutzung, abweichende Regelungen zu den Abstandsflächen gemäß der jeweiligen Bauordnung und die höchstzulässige Anzahl an Wohnungen im Wohngebäude. Nicht jede aufgelistete bauplanungsrechtliche Anforderung wird auch immer von der Gemeinde im Bebauungsplan vorgeschrieben.

Zu Beginn der Planung einer Aufstockungsmaßnahme sollten die rechtlich verbindlichen Rahmenbedingungen durch die Bauleitplanung als erster Schritt überprüft und ausgewertet werden, weil getroffene Vorgaben durch die jeweilige Gemeinde eventuell eine Aufstockungsmaßnahme verhindern könnten. Im BauGB sind die Bestimmungen zur Zulässigkeit eines Bauvorhabens im ersten Abschnitt des dritten Teils vollständig enthalten. Für Aufstockungsmaßnahmen von Bestandgebäuden im urbanen Stadtgebiet sind besonders §§ 30, 31 und 34 von entscheidender Bedeutung. Die Anwendung der einzelnen Paragraphen und die daraus folgenden Konsequenzen für die Aufstockung eines Gebäudes sind von der Beschaffenheit des geltenden Bebauungsplanes abhängig.

Bei einem qualifizierten Bebauungsplan kann die Planung der Aufstockungsmaßnahme unverzüglich fortgeführt werden, weil die Zulässigkeit des Bauvorhabens nach § 30 Absatz 1 BauGB gegeben ist, wenn die Festsetzungen des Bebauungsplanes nicht widersprochen werden und die Erschließung gesichert ist. Ein qualifizierter Bebauungsplan liegt vor, wenn die Art und das Maß der baulichen

Nutzung, die überbaubare Grundstücksfläche und die örtlichen Verkehrsflächen eindeutig geregelt bzw. dargestellt sind. Wenn die Aufstockungsmaßnahme allen Festsetzungen vollständig entspricht, besteht nur ein sehr geringes Risiko gegen die Realisierung der Ausstockung im Bereich des Bauplanungsrechts.

Ein einfacher Bebauungsplan führt zu Abstimmungsprozessen mit der zuständigen Baubehörde und benötigt daher mehr Vorbereitung und Zeit in der Planung. Bei einem einfachen Bebauungsplan mangelt es an der Vollständigkeit der vier geforderten Festsetzungen für einen qualifizierten Bebauungsplan. Nach § 30 Absatz 3 BauGB ist die Zulässigkeit eines Bauvorhabens gegeben, wenn die vorhandenen Festsetzungen des Bebauungsplanes und die fehlenden Festsetzungen, die nach den Vorgaben des § 34 BauGB bestimmt werden, eingehalten und die Erschließung gesichert sind. Nach § 34 BauGB ist die Eigenart der näheren Umgebung für die mögliche Festlegung der fehlenden Festsetzung im Bebauungsplan maßgebend. Empfehlenswert ist ein frühzeitiger Dialog bezüglich der geplanten Aufstockungsmaßnahme mit der zuständigen Baubehörde, weil die Bestimmung fehlender Festsetzungen nach der Eigenart der näheren Umgebung einen verhältnismäßig großen Interpretationsraum bietet. Die endgültige Festlegung wird von der Baubehörde getroffen und sollte daher für die Planung bekannt sein. Mit vollzogener Abstimmung besteht ein geringes Risiko gegen die Realisierung der Aufstockungsmaßnahme hinsichtlich des Bauplanungsrechtes. Wenn im Genehmigungsverfahren einer Aufstockungsmaßnahme auf einen vorangestellten Dialog mit der Baubehörde zu den offenen Festsetzungen im Bebauungsplan verzichtet wurde, dann besteht ein deutlich erhöhtes Risiko für die Ablehnung der Aufstockungsmaßnahme.

Für Grundstücke im urbanen Gebiet, für die kein gültiger Bebauungsplan existiert, muss in der Planung die notwendige Abstimmung mit der Baubehörde und der dazugehörige Zeitaufwand berücksichtigt werden. Die Zulässigkeit eines Bauvorhabens wird durch die Vorgaben des § 34 BauGB geregelt. Innerhalb bebauter Ortsteile prägt die Eigenart der näheren Umgebung die zu bestimmenden Festsetzungen der Art und des Maßes der baulichen Nutzung, die Bauweise und die überbaubare Grundstücksfläche. In der Praxis erweist sich häufig das Interpretieren der Bestandsbebauung als ambivalent. Weil die zuständige Baubehörde die endgültige Bestimmung der Festsetzungen vornimmt, ist ein frühzeitiger Dialog mit der Baubehörde bezüglich der geplanten Aufstockung notwendig. Das Risiko, dass die Aufstockungsmaßnahme im Genehmigungsverfahren abgelehnt wird, ist ohne Kenntnis der wahrscheinlichen Festsetzungen besonders hoch und nicht zu empfehlen, daher ist der planerische Mehraufwand bei dieser Sachlage zu berücksichtigen.

Empfehlenswert für eine eventuell notwendige Abstimmung mit der Baubehörde über die mangelnden Festsetzungen ist die Kenntnis der unterschiedlichen Baugebiete nach BauNVO und deren spezifische Charakteristiken, weil in manchen Baugebieten die Wohnnutzung unzulässig ist. Auch für die Argumentation der Einordnung der umgebenden Bestandsbebauung in eines der Baugebiete ist diese Kenntnis hilfreich. Des Weiteren werden auch allgemeine Obergrenzen für das Maß der baulichen Nutzung in den einzelnen Baugebieten getroffen (siehe Tabelle 19). Dennoch liegt die Entscheidungshoheit bei der Gemeinde, daher können abweichende Festsetzungen zu diesen Vorgaben erlassen werden.

Tabelle 19 Vorgaben der Baugebiete nach BauNVO für Wohnaufstockungen

Baugebiet	Zulässigkeit von Wohnnutzung	Grundflächenzahl (GRZ)	Geschossflächenzahl (GFZ)
Kleinsiedlungsgebiet (WS)	Ja	0,2	0,4
Reines Wohngebiet (WR)	Ja	0,4	1,2
Allgemeines Wohngebiet (WA)	Ja	0,4	1,2
Besonderes Wohngebiet (WB)	Ja	0,6	1,6
Dorfgebiet (MD)	Ja	0,6	1,2
Mischgebiet (MI)	Ja	0,6	1,2
Urbanes Gebiet (MU)	Ja	0,8	3,0
Kerngebiet (MK)	Ausnahme	1,0	3,0
Gewerbegebiet (GE)	Nein	0,8	2,4
Industriegebiet (GI)	Nein	0,8	2,4

Wenn die Planung der Aufstockungsmaßnahme die Festsetzungen des Bebauungsplans oder der Baubehörde widerspricht, dann können nach § 31 BauGB Ausnahmen und Befreiungen bewilligt werden. Grundsätzlich ist zu empfehlen, dass auf die Notwendigkeit von Ausnahmen für die Umsetzbarkeit der Aufstockungsmaßnahme verzichtet wird. Die Baubehörde kann Ausnahmen vom Bebauungsplan nur gewähren, wenn Gründe des Wohls der Allgemeinheit die Befreiung erfordern, Abweichungen städtebaulich vertretbar sind oder die Umsetzung des Bebauungsplans zu einer nicht beabsichtigten Härte führt. Bei jedem dieser Abweichungsgründe müssen die nachbarlichen Interessen gewürdigt werden, dieser Prozess kann zu einem längeren Zeitaufwand in der Vorplanung führen.

Im Planungsprozess von Bauvorhaben, dieses beinhaltet auch Aufstockungsmaßnahmen, sollten die Zulässigkeit nach dem Bauplanungsrecht zu Beginn geprüft werden. Nur mit einer positiven Beurteilung für das anschließende Genehmigungsverfahren sollten die nächsten Schritte im Planungsprozess begonnen werden, um unnötige Ausgaben bei einer Ablehnung des Bauvorhabens durch die Baubehörde zu vermeiden. Besonders bei Aufstockungsmaßnahmen sollten diese Empfehlung berücksichtigt werden, weil die Folgeschritte des Planungsprozesses mit deutlich größerem Aufwand verbunden sind als bei reinen Neubauten. Folgend kommt auf die Bewertung der Zulässigkeit der Aufstockungsmaßnahmen die Bestandsanalyse im Regelfall. Dort sind Untersuchungen und Bewertungen der bestehenden Gebäudesubstanz im Hinblick auf Tragfähigkeit, Brandschutz und Schadstoffe vorgesehen.

## 4.3 Rechtliche Vorgaben des Bauordnungsrechts

### 4.3.1 Grundlegende Struktur im Bauordnungsrecht

Neben den verbindlichen Vorgaben aus dem Bauplanungsrecht muss eine Aufstockungsmaßnahme auch die zutreffenden Anforderungen des Bauordnungsrechtes erfüllen. Im Bauordnungsrecht werden die rechtlichen Regelungen im Wesentlichen in zwei Schwerpunkte unterteilt. Einerseits werden die Zuständigkeiten und Abläufe innerhalb des Genehmigungsverfahrens reguliert und andererseits werden die baulich-technischen Anforderungen an das Bauvorhaben verbindlich festgelegt. Die rechtlichen Vorgaben des Bauordnungsrechtes dienen der Gefahrenabwehr, der Gestaltungspflege

und dem Umweltschutz [Vgl. 20]. Es werden bereits konkrete technische Anforderungen für Bauteile durch die jeweilige Landesbauordnung und weiterer Verordnungen und Vorschriften gefordert. Diese einzuhaltenden Vorgaben können ein mögliches Aufstockungsvorhaben wesentlich in der Art und Weise der Ausführung und Gestaltung beeinflussen.

Durch die föderalistische Struktur der Bundesrepublik Deutschland liegt die gesetzgebende Kraft für das Bauordnungsrecht im Wesentlichen bei den Bundesländern. Jedes Bundesland veröffentlicht eine eigenständige und unabhängige Landesbauordnung, die in der Praxis der Musterbauordnung (MBO) größtenteils ähnelt. Die textliche Übernahme von rechtlichen Anforderungen und die inhaltliche Übereinstimmung mit der MBO sind den Bundesländern bei der Erarbeitung der eigenen Landesbauordnung freigestellt. In der Realität sind die Landesbauordnungen in vielen Aspekten sehr ähnlich aufgebaut, doch nicht immer komplett identisch. Je nach Ort des Bauvorhabens muss die entsprechend anzuwendende Landesbauordnung identifiziert werden. Bei der Planung muss daher jedes Mal auf die jeweilige Landesbauordnung eingegangen werden [Vgl. 21]. Auch weitergehende rechtliche Regelungen, wie z.B. Sonderbauverordnungen, Verwaltungsvorschriften Technischer Baubestimmungen usw., werden von den Bundesländern einzeln eingeführt und teilweise abgeändert. Im Rahmen von Aufstockungsmaßnahmen haben Sonderbauvorschriften eine geringere Bedeutung, weil im Regelfall eine Aufstockung nur bei mittelgroßen Wohnhäusern angedacht wird.

Eine weitere unverzichtbare Prüfung bei der Realisierung von Aufstockungsmaßnahmen besteht in der Kontrolle der Aktualität der vorliegenden Gesetze, Verordnungen und Vorschriften. Hierbei ist besonders wichtig, dass die entsprechenden Dokumente vom jeweiligen Bundesland, in dem das Bauvorhaben umgesetzt wird, auch eingeführt sind. Für Aufstockungsmaßnahmen in Holzbauweise sollten die bedeutsamsten Dokumente die jeweilige Landesbauordnung, die Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen und die jeweilige Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (HFHHolzR), die bundesweit größtenteils dem Muster entspricht, sein. Für die Ausarbeitung des Leitfadens wurde der 01. Januar 2019 als Stichtag für die rechtliche Betrachtung und Auswertung genommen. In der dargestellten Tabelle 20 sind die gültigen Rechtsvorschriften zum Stichtag des Leitfadens der jeweiligen Bundesländer mit dem Datum des aktuellsten Stands aufgelistet. Eine Überprüfung der Aktualität ist dennoch bei jeder Aufstockungsmaßnahme erforderlich.

*Tabelle 20 Auflistung der notwendigen bauordnungsrechtlichen Vorschriften für die Planung und Durchführung von Aufstockungen in den jeweiligen Bundesländern Stand 01.01.2019*

Bundesland	Landesbauordnung	Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen	M-HFH HolzR
	Stand	Stand	Stand
<b>Musterbauordnung</b>	13.05.2016	31.08.2017	01.07.2004
	Aktueller Stand	Aktueller Stand	Eingeführt seit
<b>Baden-Württemberg</b>	21.11.2017	20.12.2017	01.08.2005
<b>Bayern</b>	10.07.2018	20.09.2018	01.07.2004
<b>Berlin</b>	09.04.2018	19.04.2018	01.07.2004
<b>Brandenburg</b>	15.10.2018	17.10.2018	17.10.2018
<b>Bremen</b>	04.09.2018	10.09.2018	01.07.2004
<b>Hamburg</b>	23.01.2018	12.04.2018	01.11.2006
<b>Hessen</b>	28.05.2018	22.11.2018	01.07.2004
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	05.07.2018	- 1)	01.08.2006
<b>Niedersachsen</b>	12.09.2018	21.01.2019	01.07.2004
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	21.07.2018	07.12.2018	01.01.2019
<b>Rheinland-Pfalz</b>	15.06.2015	- 1)	01.07.2004
<b>Saarland</b>	13.06.2018	- 1)	01.07.2004
<b>Sachsen</b>	27.10.2017	15.12.2017	01.07.2004
<b>Sachsen-Anhalt</b>	26.07.2018	05.04.2018	01.07.2004
<b>Schleswig-Holstein</b>	08.06.2016	- 1)	01.07.2004
<b>Thüringen</b>	18.12.2018	30.07.2018	01.07.2004

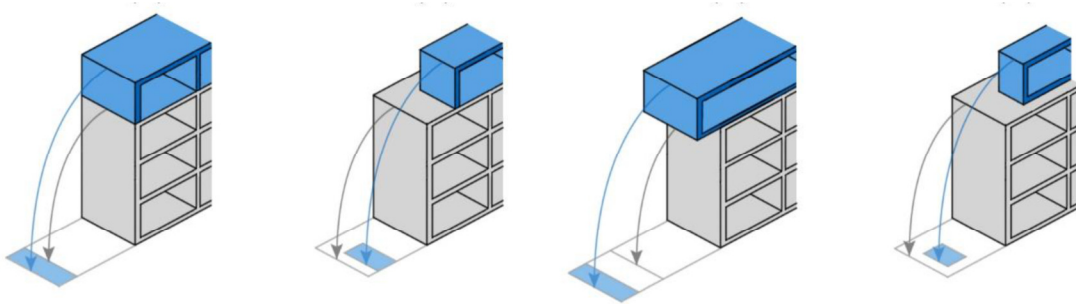
<sup>1)</sup> Die Einführung der Verwaltungsvorschrift Technischer Baubestimmungen ist verzögert. Bis zur Einführung sind weiterhin die bundeslandspezifische Liste technischer Baubestimmungen und die Bauregelliste zu beachten bei Aufstockungsmaßnahmen.

#### 4.3.2 Abstandsflächen

Aufstockungen, außer Dachausbauten, von Bestandsgebäuden führen zur Veränderung der Gebäudegeometrie. Weil die Abstandsflächen von der Höhe eines Gebäudes direkt abhängig sind, können diese durch Aufstockungsmaßnahmen eine Erhöhung erfahren. Die Überprüfung der Abstandsflächen ist daher eine unabdingbare Aufgabe für die Planung. Ein möglichst früher Zeitpunkt im Planungsprozess für die Durchführung der Prüfung ist empfehlenswert, weil die Einhaltung der Abstandsflächen für die Zulässigkeit der Baumaßnahme erforderlich ist.

Die Bemessung der Gebäudehöhe und der Abstandsflächen kann sich in den einzelnen Bundesländern unterscheiden. Deswegen müssen die Berechnungen nach der jeweiligen Landesbauordnung erfolgen. Je nach Art und Umfang der Aufstockungsmaßnahme werden die Abstandsflächen unter-

schiedlich stark verändert (siehe Abbildung 22). Zusätzlich zu den allgemeinen Abstandsflächen sind auch immer die brandschutztechnisch notwendigen Mindestabstände von Gebäuden einzuhalten. Hierbei sind die Regelungen zu den Mindestabständen bei Gebäudeabschlusswänden und Dächern, die nicht ausreichend lang gegen Flugfeuer oder Strahlungswärme widerstandsfähig sind, zu beachten. Eine genaue Bewertung der Sachlage ist immer eine Einzelfallbetrachtung und ist bei jedem Aufstockungsvorhaben zu prüfen.



*Abbildung 22 Aufstockungsarten und deren schematischer Einfluss auf die Abstandsflächen (Fabian Jäger 2019)*

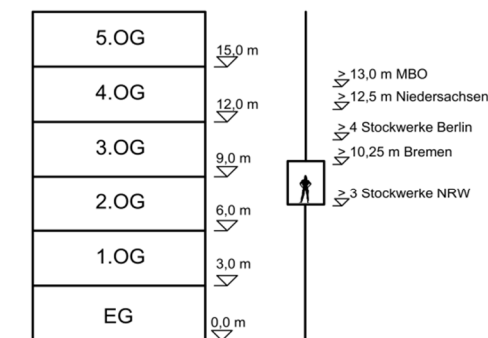
Wenn die möglichen Abstandsflächen des betroffenen Grundstückes überschritten werden, dann besteht die Möglichkeit, Abstandsflächen in den Einflussbereich der Nachbargrundstücke zu legen. Hierfür ist eine Zustimmung der Nachbarschaft erforderlich und auch das Vorhandensein von Reserven auf dem Nachbargrundstück. Die Abstimmung mit Nachbarn ist meistens kostenintensiv und zeitaufwändig, weil der Nachbarschaft das Recht abgekauft wird und eine entsprechende Baulast im Grundbuch vermerkt werden muss. Dieses Hemmnis ist nicht bei jeder Aufstockungsmaßnahme vermeidbar, deswegen ist eine frühe Kontrolle für die Planungssicherheit empfehlenswert.

### 4.3.3 KFZ-Stellplätze

In der Regel müssen Stellplätze, die durch die Nutzung des Gebäudes benötigt werden, in ausreichender Zahl und Größe auf dem Grundstück bereitgestellt werden. Viele Bestandsgebäude im innerstädtischen Bereich besitzen keine oder kaum Stellplätze, deswegen ist mit einer Nachrüstpflicht bei Aufstockungsmaßnahmen zu rechnen. Die konkrete Regelung der Stellplatzpflicht erfolgt in den Landesbauordnungen oder örtlichen Bauvorschriften je nach Bundesland. In Baden-Württemberg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Schleswig-Holstein kann im Rahmen von Aufstockungsmaßnahmen auf die Herstellung von Stellplätzen verzichtet werden. In den anderen Bundesländern kann unter erschwerten Bedingungen, wenn die Herstellung von Stellplätzen nicht möglich oder mit einem erheblichen Aufwand verbunden ist, auch eine Ablöse für die Stellplatzpflicht gezahlt werden.

### 4.3.4 Personenaufzug

Bauordnungsrechtlich ist ab einer bestimmten Gebäudehöhe der Einbau eines Personenaufzuges verpflichtend. Nach § 39 MBO müssen ab einer Gebäudehöhe von 13 m Aufzüge in ausreichender Anzahl und Größe vorhanden sein. Die meisten Bundesländer haben eine identische Regelung zur Musterbauordnung. Nur die Bundesländer Niedersachsen, Berlin, Bremen und Nordrhein-Westfalen besitzen eigenständige Festlegungen (siehe Abbildung 23).



**Abbildung 23 Einbaupflicht von Personenaufzügen**

Bei Aufstockungsmaßnahmen entsteht in der Regel eine Nachrüstspflicht, wenn kein Aufzug bereits im betroffenen Gebäude vorhanden ist. Für die Realisierung von Personenaufzügen bestehen bei Bestandsgebäuden die Möglichkeiten einen nachträglichen Fahrstuhlschacht zu realisieren, eventuell der Einbau im Treppenhaus bis Gebäudeklasse 4 oder die Anordnung vor dem Gebäude. Bei unverhältnismäßig hohem Aufwand kann eine Ausnahmeregelung bei der Baubehörde beantragt werden. Grundsätzlich empfiehlt sich die Nachrüstung eines Personenaufzuges im Rahmen von Aufstockungsmaßnahmen, weil damit die Attraktivität der neu entstehenden Wohnungen steigt.

#### 4.3.5 Barrierefreiheit

Nach § 50 MBO müssen Gebäude mit mehr als zwei Wohnungen ein Anteil der Wohnungseinheiten barrierefrei sein. Als barrierefrei kann eine Wohnung bezeichnet werden, wenn sie mit dem Rollstuhl erreichbar ist und innerhalb der Wohnung eine Toilette, ein Bad, die Küche sowie Wohn- und Schlaf Räume mit dem Rollstuhl zugänglich sind. Die geforderte Anzahl an barrierefreien Wohnungen für ein Gebäude kann in den einzelnen Bundesländern durch die unterschiedlichen Regelungen variieren. Die Forderungen erstrecken sich von allen Wohnungen in einem Geschoss bis hin zu einem Drittel der vorhandenen Wohnungseinheiten im Gebäude.

Viele Bestandsgebäude im innerstädtischen Bereich werden dem Anspruch der Barrierefreiheit nicht gerecht, weil zum Zeitpunkt der Erstellung keine entsprechenden rechtlichen Anforderungen bestanden haben. Bei Aufstockungsvorhaben ist deswegen grundsätzlich die Umsetzbarkeit der Barrierefreiheit zu prüfen. In diversen Fällen werden die notwendigen Maßnahmen zur Herstellung der Barrierefreiheit ein vertretbares Maß überschreiten. In den meisten Bundesländern kann bei der Feststellung eines unverhältnismäßigen Mehraufwands auf die Umsetzung der Barrierefreiheit verzichtet werden. Als entscheidende Stelle für entsprechende Anträge ist die Baubehörde zuständig, deswegen sollte in diesen Fällen eine frühe Kommunikation zur Auslotung der Möglichkeiten über die geplante Aufstockungsmaßnahme stattfinden.

#### 4.3.6 Denkmalschutz

Insbesondere bei Aufstockungsmaßnahmen, weil diese das Wesen eines Gebäudes maßgebend verändern können, muss vor der Baumaßnahme überprüft werden, ob für das betroffene Bestandsgebäude Auflagen aus dem Denkmalschutz bzw. Ensembleschutz in alten Stadtkernen bestehen. Besonders bei architektonisch wertvollen Gebäude- und Siedlungsbeständen, z.B. Gebäude der Gründerzeit und Siedlungen der 1920er und 1930er Jahre, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass Auflagen des Denkmalschutzes bestehen. [vgl. 19]

Sollten für ein bestehendes Gebäude Auflagen des Denkmalschutzes bestehen, müssen diese nicht allumfassend sein. Auch können einzelne Teile der Gebäudestruktur unter Denkmalschutz stehen, dann könnte eine Aufstockung trotz Denkmalschutz realisierbar sein. Ob und wie eine Aufstockung bei denkmalgeschützten Gebäuden möglich ist, hängt stets vom Einzelfall ab. Die Umsetzbarkeit einer Aufstockung sollte möglichst zu Beginn der Planung mit der Denkmalschutzbehörde geklärt werden. Grundsätzlich kann ein deutlicher Mehraufwand bei der Planung und Umsetzung von Aufstockungen in denkmalgeschützten Gebäuden angenommen werden.

#### 4.3.7 Standsicherheit

Durch Aufstockungsmaßnahmen, die im relevanten Bereich des Leitfadens erfasst werden, wird das Tragwerk der bestehenden Gebäudestruktur mit zusätzlichen Lasten beaufschlagt. Die daraus resultierende Erhöhung der Beanspruchung der tragenden und aussteifenden Bauteile überschreitet dabei das Maß der Vernachlässigung. Neben den neuen Bauteilen für die Aufstockungsmaßnahme müssen auch die bestehenden Bauteile der vorhandenen Gebäudestruktur auf ihre Standsicherheit geprüft werden. „Jede bauliche Anlage muss im Ganzen und in ihren einzelnen Teilen für sich allein standsicher sein“, wird nach § 12 Abs. 1 Satz 1 der Musterbauordnung (MBO) gefordert. Diese sehr allgemeine, doch rechtsverbindliche Forderung an die Gebäudestruktur gilt in allen Bundesländern gleichermaßen und muss bei einer Aufstockungsmaßnahme entsprechend Berücksichtigung finden. Konkretere und objektspezifische Anforderungen an die Nachweisführung der Standsicherheit werden überwiegend normativ in den deutschen und europäischen Regelwerken festgelegt. Über die Verwaltungsvorschrift der technischen Baubestimmungen der einzelnen Bundesländer werden die anzuwendenden Normen und Richtlinien für den jeweiligen Sachverhalt im Bauwesen vorgeschrieben.

Die empfohlenen Vorgehensweisen bei der Planung einer Aufstockungsmaßnahme zur Bewertung der bestehenden Gebäudestruktur auf deren Tragverhalten und eventuellen Lastreserven und entsprechende Bemessungshinweise sind dem Kapitel 3 des Leitfadens zu entnehmen. Bauordnungsrechtlich verbindlich ist festzuhalten, dass bei einer Aufstockungsmaßnahme die Erstellung eines umfassenden Nachweises der Standsicherheit erforderlich wird, welcher die bestehenden Bauteile des ursprünglichen Gebäudes und die neuen Bauteile der Aufstockung beinhaltet.

#### 4.3.8 Brandschutz

Durch Aufstockungsmaßnahmen wird grundsätzlich das Gefahren- und Schadenspotenzial eines Brandes vergrößert, deswegen ist eine entsprechende Beurteilung der brandschutztechnischen Situation des geplanten Gebäudes mit der Aufstockung stets durchzuführen. Allein die Veränderung der Gebäudegeometrie, hier ist besonders bedeutend die Erhöhung der Lage des obersten Geschosses mit Aufenthaltsräumen, führt zur größeren Gefährdung. Die Flucht- und Rettungswege der Nutzer werden potenziell länger. Brandherde im neuen obersten Geschoss sind für die Feuerwehr schwieriger zu erreichen. Grundsätzlich kann die höhere Gefährdung nicht alleine auf den Bereich der Aufstockung projiziert werden, sondern wird auch das Gefahren- und Schadenspotenzial der Nutzungseinheiten des Bestandsgebäudes verändern. Beispielsweise könnten Rettungen aus den bestehenden Nutzungseinheiten mit den Geräten der Feuerwehr länger dauern, weil wahrscheinlich mehr Menschen zu retten sind, wenn der erste Rettungsweg für die Selbstrettung ausgefallen ist. Aus diesem Grund erlischt bei Aufstockungsmaßnahmen aus brandschutztechnischer Sicht der Bestandsschutz und das aktuelle bauordnungsrechtlich geforderte Schutzniveau des Brandschutzes muss durch entsprechende Ausführungen und bauliche Umsetzungen umgesetzt werden.



Nach §14 der MBO sollen Gebäude so geplant und ausgeführt werden, dass die Entstehung eines Brandes bzw. im Brandfall die Ausbreitung von Feuer und Rauch möglichst verhindert wird. Weitergehend soll im Brandfall die Rettung von Menschen und Tieren und das Löschen des Brandes durch die Feuerwehr ermöglicht werden. Mit diesem bauordnungsrechtlichen Grundsatzparagrafen werden die geforderten Schutzziele des Brandschutzes vom Gesetzgeber definiert. Jede brandschutztechnische Lösung muss entsprechend dem geforderten Schutzniveau die Schutzziele erfüllen. Im Gegensatz zu den anderen bauordnungsrechtlichen Anforderungen an das Gebäude werden für den Brandschutz auch bauteil- bzw. objektspezifische Vorgaben im Rahmen der Landesbauordnungen festgelegt.

Eine Besonderheit bei den rechtlichen Vorgaben des Brandschutzes aus den Abschnitten 4 und 5 der Musterbauordnung bzw. der jeweiligen Landesbauordnung besteht in der Möglichkeit zur Abweichung von den Vorgaben. Mit einem Brandschutzkonzept, welches durch einen Brandschutzfachplaner zu erstellen ist, können Abweichungen von den bauordnungsrechtlichen Brandschutzanforderungen gestellt werden, wenn das geforderte Schutzniveau durch entsprechende Kompensationen weiterhin gewährleistet wird. Abweichungen erfordern generell die Zustimmung der Genehmigungsbehörde oder bundeslandabhängig eines Prüfenieurs oder – sachverständigen für Brandschutz. Eine frühzeitige Abstimmung der geplanten Abweichungen mit den zuständigen Stellen ist sehr empfehlenswert. Bei Aufstockungsmaßnahmen werden Abweichungen in der Praxis regelmäßig beantragt.

Die Auflistung der konkreten bauordnungsrechtlichen Anforderungen aus dem Bereich des Brandschutzes an die Aufstockungsmaßnahme und dem Bestandgebäude werden im Kapitel 5 des Leitfadens dargestellt. Darauf aufbauend werden exemplarische Vorgehensweisen für die brandschutztechnische Realisierung einer Aufstockungsmaßnahme beschrieben. Besondere Schwerpunkte in diesen Bereichen sind die Möglichkeiten zur Bestimmung der Feuerwiderstandsdauer von bestehenden Baukonstruktionen und die Veranschaulichung von denkbaren Abweichungen zur wirtschaftlicheren Umsetzung von Aufstockungsmaßnahmen in der Praxis.

#### **4.3.9 Wärmeschutz**

Die thermische Gebäudehülle ist einer der maßgebenden Einflussfaktoren auf den Verbrauch von Ressourcen für das Heizen und Kühlen von Gebäuden während der Nutzungsdauer. Je nach Qualität der thermischen Bauteilschichten können die Energieverluste über die Oberflächen des Gebäudes reguliert werden und damit der Bedarf an stetig nachgelieferter Heizenergie für das Gebäude minimiert werden. Deswegen hat neben der verbauten Gebäudetechnik der ausgeführte Dämmstandard der thermischen Gebäudehüllen einen wesentlichen Einfluss auf den ökologischen Fußabdruck in der Nutzungsdauer eines Gebäudes.

Bei einer Aufstockungsmaßnahme sind wesentliche Eingriffe und Veränderungen von großen Bereichen der thermischen Gebäudehülle unvermeidbar. Häufig werden die bestehenden Gebäudekonstruktionen (z.B. Dächer) oberhalb des obersten bestehenden Vollgeschosses rückgebaut, um entsprechend große Gestaltungsfreiheit für die geplante Aufstockung zu ermöglichen. Diese Eingriffe überschreiten deutlich die Geringfügigkeit und daher ist eine Überprüfung der aktuell gültigen, rechtlich geforderten Anforderungen an den Wärmeschutz zwingend erforderlich.

Bauordnungsrechtlich fordert die Musterbauordnung (MBO) in § 15 Absatz 1, dass alle „Gebäude [...] einen ihrer Nutzung und den klimatischen Verhältnissen entsprechenden Wärmeschutz haben“. Diese rechtliche Anforderung an den Wärmeschutz wird in allen Landesbauordnungen der Bundesländer gleichermaßen gefordert. Die inhaltliche Tiefe der geforderten Aussage ist allgemein gehalten

und wird in der kompletten MBO nicht weitergehend detailliert. Im Bereich des Mindestwärmeschutzes werden über die Verwaltungsvorschriften der Technischen Baubestimmungen normative Nachweisverfahren als Vorgehensweise gefordert.

Zusätzliche rechtlich-verbindliche Anforderungen, die wesentlich technischere Vorgaben für die Realisierung der Aufstockungsmaßnahme vorschreiben, werden durch die Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden – Energieeinsparverordnung (EnEV) – geregelt. Die EnEV wird vom Bund als Gesetzgeber erlassen und ist daher in jedem Bundesland ohne Abänderungen gültig. Das Maß der Geringfügigkeit wird im Gegensatz zu den jeweiligen Landesbauordnungen durch die EnEV deutlich konkreter festgeschrieben. Nach § 9 Absatz 3 der EnEV sind die gestellten Anforderungen der EnEV nur bei Änderungen von Außenbauteilen zu erbringen, wenn der Flächenanteil der Änderung mehr als 10% der gesamten Bauteilfläche ausmacht. Bei Erweiterungen und Ausbauten von Gebäuden müssen immer die Anforderungen der EnEV berücksichtigt werden. Aufstockungsmaßnahmen gelten im Sinne der EnEV als Erweiterung, deswegen muss die entsprechenden Vorgaben erfüllt werden.

Weil Aufstockungsmaßnahmen aus rechtlicher Sicht eine Erweiterung der bestehenden Gebäudestruktur sind, gelten im Rahmen der EnEV andere Richtwert als bei Neubauten. Die wichtigsten Sonderregelungen und Vorgehensweisen für den Wärmeschutznachweis im Bereich von Bestandsgebäuden, hierunter fallen auch die Aufstockungsmaßnahmen, wird im § 9 der EnEV geregelt. Generell sind die geforderten Grenzwerte, wie z.B. der Jahres-Primärenergiebedarf, deutlich abgeschwächer als bei Neubauten. Grundsätzlich bestehen zwei Verfahren zum Nachweis der Einhaltung der EnEV bei Erweiterungen von Gebäuden. Welches Verfahren zur Anwendung kommt, ist abhängig von der tatsächlichen Realisierung der Beheizung der entstehenden Räumlichkeiten.

Wenn die vorhandene Heizungsanlage des Bestandsgebäudes um die Bereiche der Aufstockung erweitert wird, dann müssen die von der Aufstockung betroffenen Außenbauteile die vorgeschriebenen Wärmedurchgangskoeffizienten der Anlage 3 der EnEV entsprechen. Sollte zusätzlich die hinzukommende Nutzfläche größer als 50 m<sup>2</sup> sein, ist auch ein sommerlicher Wärmeschutznachweis zu führen. Grundsätzlich sollte für den Komfort der Nutzer der Aufstockung stets der sommerliche Wärmeschutznachweis geprüft werden. Aus Praxisbeispielen zeigt sich, dass häufig die bereits vorhandene Heizungsanlage erweitert werden kann, wenn das Bestandsgebäude im Zuge der Aufstockung mit thermisch modernisiert wird. (siehe Abbildung 24, links)

Wird für die geplante Aufstockung ein neuer separater Wärmeerzeuger installiert, dann muss die Aufstockung (betroffener Bereich) die Vorschriften für ein zu errichtendes Gebäude einhalten. Bei diesem Vorgehen müsste ein kompletter Nachweis über die Jahres-Primärenergie und der Transmissionswärmeverluste für die Aufstockung erstellt werden. Das Bestandsgebäude würde dann grundsätzlich von der EnEV ausgenommen sein. (siehe Abbildung 24, rechts)

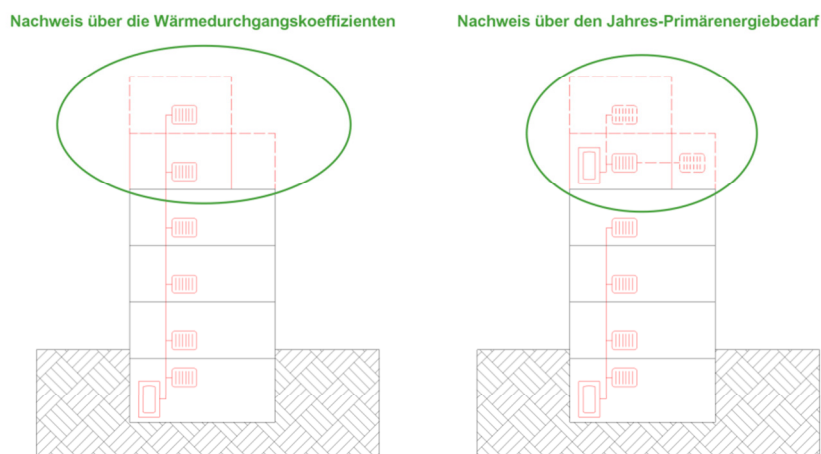


Abbildung 24 Nachweisverfahren bei Aufstockungen in der EnEV

Grundsätzlich kann für die rechtlichen Anforderungen des Wärmeschutzes festgehalten werden, dass für eine Aufstockungsmaßnahme die aktuell gültigen Rechtsvorschriften einzuhalten sind, doch grundsätzlich eine Erleichterung für das Bauen im Bestand besteht. Des Weiteren existiert im Bereich des Wärmeschutzes keine rechtliche Anforderung, die eine Aufstockungsmaßnahme grundsätzlich verhindern kann, deswegen ist das rechtliche Risiko als gering einzustufen.

#### 4.3.10 Schallschutz

Mit dem Schallschutz von Gebäuden werden zwei wesentliche Hauptziele verfolgt. Einerseits sollen die Innenräume von Außenlärm möglichst effizient abgeschirmt und andererseits die Übertragung von Lärm zwischen zwei Innenräumen bestenfalls auf ein Minimum reduziert werden. Die Realisierung eines gut wirksamen Schallschutzes ist häufig eine herausfordernde Aufgabe in der Praxis. Neben einer gewissenhaften Planung ist auch eine sorgfältige Ausführung der Bauteilkonstruktion für die Wirksamkeit der schallschutztechnischen Umsetzungen unabdingbar. Schon bei relativ kleinen Fehlstellen können die Schalldämmmaße der Bauteile erheblich negativ beeinflusst werden, deswegen ist im Bereich des Schallschutzes eine entsprechende Sorgfalt grundsätzlich ratsam. Bei Aufstockungsmaßnahmen sind besonders die Anschlüsse vom Bestand und der Aufstockung wichtige Detailpunkte, die es zu betrachten gilt.

Bauordnungsrechtlich sind die Anforderungen an den Schallschutz nach MBO sehr allgemein gehalten. In der MBO und den jeweiligen Landesbauordnungen wird nur ein der Situation angepasster Schallschutz nach der Nutzung des Gebäudes gefordert (Vgl. §15 Abs. 2 Satz 1 MBO). Nach den gesetzlichen Vorgaben, die grundsätzlich bei Aufstockungsmaßnahmen für das betreffende Gebäude gelten, sind die Schalldämmmaße des aktuell geltenden Schallschutzniveaus im gesamten Gebäude anzuwenden. Generell ist mit dem Mindeststandard des Schallschutzniveaus zu rechnen, weil bessere Standards in Abstimmung mit dem Bauherrn privatrechtlich zu vereinbaren sind. Bei den Rechtsprechungen in Streitfällen liegt eine positive und wirtschaftlich günstige Einstellung der Gerichte für die Realisierung von Aufstockungsmaßnahmen vor. In den meisten Urteilen wird die Einhaltung der aktuell gültigen Mindeststandards des Schallschutzes für die direkt von der Aufstockungsmaßnahme betroffenen Bauteile. Hierbei wird meistens das gültige Trittschalldämmmaß der Decke zwischen Aufstockung und Bestandsgeschoss eingefordert [Vgl. 22]. Mit der Grundsatzentscheidung durch den Bundesgerichtshof kann ein entsprechender Umgang bei Aufstockungsmaßnahmen an

allen Gerichten in Deutschland erwartet werden, somit besteht die Möglichkeit aus schallschutztechnischer Sicht die Maßnahmen auf die Ausführung der Aufstockung zu begrenzen.

#### **4.3.11 Schadstoffe**

Aufstockungsmaßnahmen gehören im Bauwesen zum allgemeinen Themenbereich des Bauens im Bestand. Bei Bestandsgebäuden ist das Vorkommen von verbauten Schadstoffen grundsätzlich möglich und sollte deswegen immer fachkundig geprüft werden. In den vergangenen Jahrzehnten wurden teilweise Materialien und Stoffe zum Bauen verwenden, die nach heutigem Kenntnisstand für gesundheitliche Beeinträchtigungen der Nutzer verantwortlich sein können. Aus diesem Grund wird bauordnungsrechtlich die Gefährdung der Nutzer durch schädliche Einflüsse ausgehend von der Baukonstruktion verboten (Vgl. § 13 Satz 1 der MBO). Diese rechtlich-verbindliche Anforderung gilt grundsätzlich und kann den Bestandsschutz auch ohne Baumaßnahme wegen der Gefährdung für Leib und Leben der Nutzer ausschließen. Deswegen ist bei Aufstockungsmaßnahmen die gleichzeitige Überprüfung des Bestandes auf Schadstoffe empfehlenswert, weil die Entfernung der Schadstoffe, die grundsätzlich auch ohne Baumaßnahme durchzuführen ist, in den Bauablauf kostengünstiger integriert werden kann.

Zur Identifizierung und methodischen Analyse des Bestandsgebäudes werden entsprechende Verfahrensvorgehen im Kapitel 6 des Leitfadens detaillierter beschrieben. Weitergehend werden auch die verschiedenen Schadstoffe nach den Baualtersklassen von Gebäuden aufgezeigt und deren typischer Fundort in den jeweiligen Gebäudekonstruktionen beschrieben.

## 5 Anforderungsanalyse und Bestandsbewertungen hinsichtlich Brandschutz

### 5.1 Allgemeine Darstellung der Handhabung

Bei Aufstockungen von Bestandsgebäuden verändert sich prinzipiell die brandschutztechnische Situation. Die potenzielle Anzahl an Nutzer steigt durch die hinzugewonnenen Räumlichkeiten. Bei einem Brandereignis müssen tendenziell auch mehr Personen über die Rettungswege aus dem Gebäude evakuiert werden. Insgesamt steigt durch die Aufstockung das Gefahren- und Schadenpotenzial, deswegen ist das brandschutztechnische Konzept innerhalb der Planung zu untersuchen und gegebenenfalls notwendige Maßnahmen zu ergreifen.

Als Vorbedingung der Untersuchung und Einschätzung der bestehenden Gebäudestruktur sollte die Bestimmung der brandschutztechnischen Anforderungen sein. Deswegen werden vertiefend zum Abschnitt 3.4.8 die bauteil- und objektspezifischen Festsetzungen des Bauordnungsrechts bezüglich des Brandschutzes dargestellt. Eine Unterscheidung der jeweiligen Festsetzungen abhängig von den jeweiligen Landesbauordnungen der einzelnen Bundesländer ist mit Stichtag (01.01.2019) inkludiert. Zur Übersetzung der bauordnungsrechtlichen Festsetzungen in normative Leistungseigenschaften der Bauteile werden die Vorgaben der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) berücksichtigt.

Die Bestimmung der brandschutztechnischen Anforderungen dient besonders dem nicht fachkundigen Entwurfsverfasser zur Einschätzung von eventuellen Schwierigkeiten bei der Realisierung der Aufstockungsmaßnahme. Hiermit können frühzeitig eventuelle Kostenpunkte für die Umsetzung der Aufstockung festgestellt und in der Kosten- und Zeitplanung berücksichtigt werden.

Für die Untersuchung und Einschätzung der bestehenden Gebäudestruktur sind wesentliche Hinweise beschrieben. Je nach Qualität der vorhandenen Bestandsunterlagen sind Untersuchungen am Gebäude erforderlich. Empfehlenswert zur Minimierung von Kosten ist die Kombination der brandschutz- und tragwerkstechnischen Untersuchungen am Bestand. Beispielsweise kann die Dicke einer Wand für beide Betrachtungen von wesentlicher Bedeutung sein. Auch die Güte des verbauten Materials kann entscheidende Anhaltspunkte für die Einsetzung der jeweiligen Leistungseigenschaften haben. Aus diesem Grund ist eine Abstimmung mit den Planungen und Vorgehen der Tragwerksuntersuchungen empfehlenswert.

Die brandschutztechnische Betreuung der Baumaßnahme und Erstellung eines Brandschutzkonzeptes ist stets Einzelfall abhängig und kann nicht ersetzt werden, deswegen ist auf einen Fachplaner für Brandschutz nicht zu verzichten.

### 5.2 Bestimmung der brandschutztechnischen Anforderungen

#### 5.2.1 Einstufung der Gebäudeklasse

Aufstockungsmaßnahmen führen generell zur Erhöhung der bauordnungsrechtlichen Höhe des betroffenen Gebäudes. Nach § 2 der MBO wird die Höhe eines Gebäudes bestimmt durch das Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der mittleren Geländeoberkante. Als Aufenthaltsräume werden Räume bezeichnet, welche zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt oder geeignet sind nach § 2 Abs. 5 der MBO. Bei Aufstockungsmaßnahmen werden expliziert neue Aufenthaltsräume oberhalb von den bestehenden Aufenthaltsräumen geschaffen und damit unvermeidbar wird die Höhe im Sinne der

MBO nach oben verändert. Weil die Höhe ein wesentlicher Bestimmungsfaktor der Gebäudeklasse darstellt, muss bei einer Aufstockungsmaßnahme die mögliche Veränderung der Gebäudeklasse für den Brandschutz geprüft werden.

Nach § 2 der MBO und inhaltlich allen Landesbauordnungen werden Gebäude in fünf Gebäudeklassen unterschieden. Je nach Gebäudeklasse können die brandschutztechnischen Anforderungen variieren, deswegen muss die Einordnung in die entsprechende Gebäudeklasse bei Aufstockungsmaßnahmen geprüft werden. Besonders bei der Änderung der Gebäudeklasse durch die geplante Aufstockungsmaßnahme wird eine brandschutztechnische Beurteilung des Bestandsgebäudes erforderlich. Zur Einordnung des Bestandsgebäudes und des zukünftigen Gebäudes mit Aufstockung dient das grafische Schemata (Abbildung 25) nach MBO.

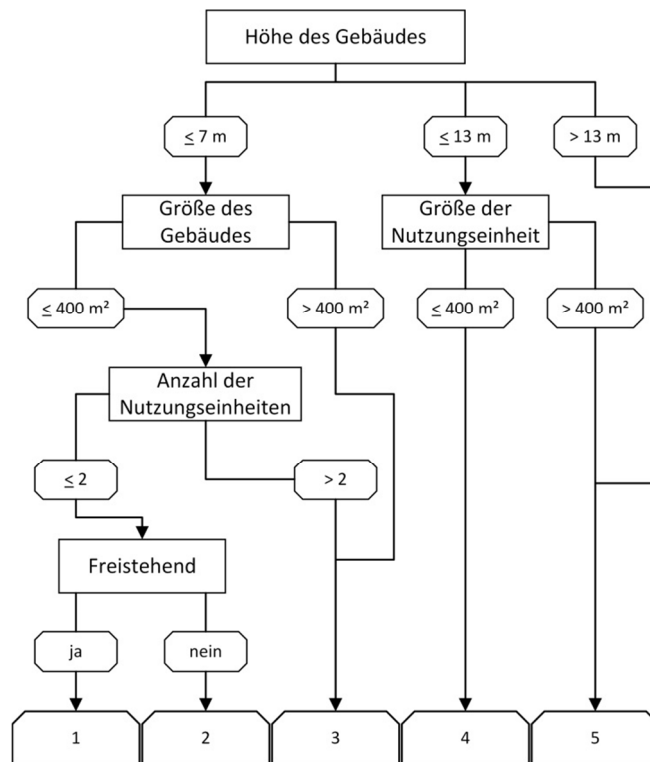


Abbildung 25 Bestimmung der Gebäudeklassen nach MBO

Das aufgezeigte Schema kann grundsätzlich zur ersten Einschätzung der Einordnung der Gebäudeklasse herangezogen werden. Eine Überprüfung der rechtlichen Regelung in der anzuwendenden Landesbauordnung für die geplante Aufstockungsmaßnahme ist unvermeidbar. Zum Stichtag des Leitfadens kann das aufgezeigte Schema für Aufstockungsmaßnahmen von Wohngebäuden in allen Bundesländern außer Rheinland-Pfalz verwendet werden, weil die Einstufung von Wohngebäuden in die Gebäudeklasse mit der rechtlichen Regelung der MBO übereinstimmen. Eine genaue Differenzierung der rechtlichen Regelungen zu der Definition der Gebäudeklassen in allen Bundesländern und der MBO kann der Tabelle im Anhang D entnommen werden.

### 5.2.2 Anforderungen an die Brennbarkeit der Materialien

Aufstockungen von Bestandsgebäude bedeuten immer eine Erhöhung der Beanspruchung der lastabtragenden Bauteile, deswegen sind möglichst leichte Konstruktionen vorteilhaft, um die eventuellen Lastreserven zu benutzen. Eine Variante zur Realisierung eines möglichst leichten Aufbaues besteht in der Verwendung der Holzbauweise. Aus statischer Sicht ist die Holzbauweise für Aufsto-

ckung sehr geeignet, doch sind auch die brandschutztechnischen Anforderungen zu berücksichtigen. Bei der Holzbauweise ist besonders die Brennbarkeit von Holz und den typischer Weise verbauten Materialien ein mögliches Hemmnis bei höheren brandschutztechnischen Anforderungen. Grundsätzlich sind für den baupraktisch relevanten Bereich von Aufstockungsmaßnahmen die Feuerwiderstandsfähigkeiten „feuerhemmend“, „hochfeuerhemmend“ und „feuerbeständig“ relevant. Einhergehend mit den Feuerwiderstandsfähigkeiten werden Anforderungen an die Brennbarkeit der verbauten Materialien gestellt (siehe Tabelle 21).

*Tabelle 21 Mindestanforderungen der Brennbarkeit in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsfähigkeit nach MBO*

Baurechtliche Benennung zum Feuerwiderstand	Baurechtliche Anforderung an die Brennbarkeit der Materialien	Anwendbarkeit von Holzbauweise
Feuerhemmend	normalentflammbar	Problemlos
Hochfeuerhemmend	„Bauteile, deren tragende und aussteifende Teile aus brennbaren Baustoffen bestehen und die allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brand-schutzbekleidung) und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben“ (siehe §26 der MBO)	Grundsätzlich möglich in Verbindung mit den Vorgaben aus der M-HFHolzR
Feuerbeständig	„Bauteile, deren tragende und aussteifende Teile aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und die bei raumabschließenden Bauteilen zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen haben“ (siehe §26 der MBO)	Nein, jedoch über einen Abweichungsantrag und entsprechender Kompensation in einem Brandschutzkonzept anwendbar

Nur bei der Anforderung „feuerbeständig“ wird die Holzbauweise im Grundsatz des Sicherheitsniveaus der MBO ausgeschlossen. Von dieser rechtlichen Anforderung kann im Rahmen eines Brandschutzkonzeptes abgewichen werden, wenn das geforderte Sicherheitsniveau des Brandschutzes durch kompensierende Maßnahmen erfüllt wird. Abweichend zur MBO erlauben manche Landesbauordnungen die Verwendung von Holz in Verbindung mit feuerbeständigen Bauteilen. Die rechtlichen Anforderungen aus der MBO an die Brennbarkeit der Materialien in Verbindung mit der Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile wird von allen Bundesländern außer Baden-Württemberg, Berlin, Hamburg, Hessen und Nordrhein-Westfalen kongruent in die jeweilige Landesbauordnung übernommen. In den fünf Bundesländern, die von der MBO abweichen, kann zusammenfassend festgehalten werden, dass die Holzbauweise unter speziellen Voraussetzungen auch in der Gebäudeklasse 5 ermöglicht wird. Für diese fünf Bundesländer ergibt sich daraus eine erleichterte Realisierung einer Aufstockung in Holzbauweise, weil ein Abweichungsantrag von den rechtlichen Anforderungen entfällt. Eine ausführliche Übersicht der rechtlichen Anforderungen zur Brennbarkeit von Baustoffen ist der entsprechenden Tabelle „Anforderungen an die Brennbarkeit von Bauteilen (§26 MBO)“ im Anhang D dargestellt. Abschließend bleibt anzumerken, dass die aus der

Änderung der Gebäudeklasse resultierenden Anforderungen der Brennbarkeit auch für den Bestand gelten.

**5.2.3 Anforderung der Feuerwiderstandsfähigkeit**

Die baurechtlichen Anforderungen im Brandschutz werden für Bauteile in Feuerwiderstandsfähigkeiten gegliedert. Nach § 26 Absatz 2 der MBO werden für die Kategorisierung der Feuerwiderstandsfähigkeit die Begriffe „feuerbeständig“, „hochfeuerhemmend“ und „feuerhemmend“ als Anforderungsklassen festgehalten. In der Anforderung der Feuerwiderstandsfähigkeit werden grundsätzlich zwei baurechtliche Anforderungen miteinander gebündelt. Neben den Anforderungen zu der Brennbarkeit der verbauten Baustoffe, wie es im Abschnitt 5.2.2 dargestellt ist, wird mit der Feuerwiderstandsfähigkeit auch die Feuerwiderstandsdauer geregelt. Die Überführung der Feuerwiderstandsfähigkeit in die Feuerwiderstandsdauer wird baurechtlich in den bundeslandspezifischen Verwaltungsvorschriften Technischer Baubestimmungen geregelt (Tabelle 22).

*Tabelle 22 Übersetzung der Feuerwiderstandsfähigkeit nach MVV TB*

Feuerwiderstandsfähigkeit	Feuerwiderstandsdauer <sup>1</sup>
Feuerhemmend	mindestens 30 Minuten
Hochfeuerhemmend	mindestens 60 Minuten
feuerbeständig	mindestens 90 Minuten

<sup>1</sup> Die angegebenen Dauern gelten für Brandeinwirkungen nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) nach DIN 4102-2

National wird die Leistungseigenschaft der Feuerwiderstandsdauer mit F und der Zeitdauer gekennzeichnet. Europäisch werden zusätzlich bei der Kennzeichnung zwischen Tragfähigkeit (R), Raumabschluss (E) und Wärmedämmwirkung (I) für Bauteile unterschieden. Bauteile, die verbaut oder zur Anwendung kommen, müssen mindestens die geforderten Leistungseigenschaften aufweisen und durch ein anerkanntes Nachweisdokument zu zertifizieren. Mögliche Nachweisdokumente sind beispielsweise die Aufbauten und Angaben aus der DIN 4102-4, der 1995-1-2 oder herstellereigenspezifischen Prüfzeugnissen oder Zulassungen.

**5.2.4 Anforderung an die Bauteile**

Zur Bestimmung der brandschutztechnischen Anforderungen an die Bauteile der Gebäudestruktur dienen die dargestellten Tabelle 23, Tabelle 24 und Tabelle 25. Die Tabellen sind in Anhang D des Leitfadens beigelegt. Abhängig von der jeweils resultierenden Gebäudeklasse durch die Aufstockungsmaßnahme muss die passende Tabelle herangezogen werden (Tabelle 23 für GK 3, Tabelle 24 für GK 4 und Tabelle 25 für GK5). In den Tabellen werden die brandschutztechnischen Anforderungen hinsichtlich der Feuerwiderstandsdauer nach den jeweiligen Bundesländern bereitgestellt. Des Weiteren wird auch die Anwendung der Holzbauweise für die einzelnen Bauteile farblich gekennzeichnet. Die braun getönten Felder kennzeichnen die Möglichkeit der Anwendung von Holzbauweise ohne von der jeweiligen Landesbauordnung abzuweichen. Die grau getönten Felder sind bauordnungsrechtlich konform nur mit nichtbrennbaren Material umsetzbar. Für weitergehende und detailliertere Angaben zu den einzelnen brandschutztechnischen Festsetzungen der Bauteilen, wie z.B. tragenden Wänden, Außenwände oder Geschossdecken, sind im Anhang D einzeln aufgeführte Tabellen vorhanden. Alle Angaben innerhalb der Tabellen sind mit dem Stichtag (01.01.2019) erstellt. Eventuelle Änderungen im Baurecht sind daher gegebenenfalls zu prüfen.



Tabelle 23 Auswertung der baurechtlichen Anforderungen in der Gebäudeklasse 3

Bauordnung	Stand	Bundesland	Tragende Wände und Stützen		Trennwände		Nichttragende Außenwände	Brandwände	Tragende raumabschließende Decken		Tragende Bauteile von notwendigen Treppen	Wände von notwendigen Treppenträumen		Wände von notwendigen Fluren		Aufzugsschachtwände	
			oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch			oberirdisch	unterirdisch		oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch
MBO	13.05.2016		R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	R 30	R 90 <sup>1)</sup>	EI 30	EI 90 <sup>1)</sup>		EI 60 <sup>1)</sup>	REI 30	REI 90 <sup>1)</sup>	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90 <sup>1)6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
BayBO	10.07.2018	Bayern	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	R 30	R 90 <sup>2)</sup>	EI 30	EI 90 <sup>2)</sup>		EI 60 <sup>2)</sup>	REI 30	REI 90 <sup>2)</sup>	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90 <sup>2)6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
BauO BR	04.09.2018	Bremen	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
HBauO	23.01.2018	Hamburg	R 30	R 90 <sup>3)</sup>	EI 30	EI 90 <sup>3)</sup>		EI 60 <sup>3)</sup>	REI 30	REI 90 <sup>3)</sup>	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90 <sup>3)6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
HBO	28.05.2018	Hessen	R 30	R 90 <sup>4)</sup>	EI 30	EI 90 <sup>4)</sup>		EI 60 <sup>4)</sup>	REI 30	REI 90 <sup>4)</sup>	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90 <sup>4)6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
NBauO	12.09.2018	Niedersachsen	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	R 30	R 90 <sup>1)</sup>	EI 30	R 90 <sup>1)</sup>		EI 60 <sup>1)</sup>	REI 30	REI 90 <sup>1)</sup>	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90 <sup>1)6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90 <sup>7)</sup>	EI 90
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
SachsBO	27.10.2017	Sachsen	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	R 30	R 90	EI 30	EI 90		EI 60 + K<60 <sup>5)</sup>	REI 30	REI 90	R 30 oder nb	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 90	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>

1) Brennbare Baustoffe sind zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- und Rauchschutzbezügen, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.  
2) Nur die Holzbauweise ist zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird.  
3) Nur die Massivholzbauweise ist zulässig bei Gebäuden mit einer Höhe von bis zu 22m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 200m<sup>2</sup> und Brandabschnitten von nicht mehr als 800m<sup>2</sup> pro Geschoss, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird.  
4) Brennbare Baustoffe sind zulässig, wenn die Technischen Baubestimmungen (§ 90 HBO) berücksichtigt sind.  
5) Nach M-HFHOLZR kann eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung (nicht brennbar) beim Holztafelbau vorgesehen werden. Das Entzünden der tragenden Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen muss für 60 Minuten verhindert werden.  
6) Bei brennbaren Baustoffen der Tragkonstruktion ist eine wirksame Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen gegen die Brandeinwirkung vorzusehen.  
7) Bei nichtbrennbaren Baustoffen der Tragkonstruktion wird EI 60 gefordert.  
8) Bei brennbaren Baustoffen der Tragkonstruktion ist eine wirksame Bekleidung auf der Schachtmenseite aus nicht brennbaren Baustoffen gegen die Brandeinwirkung vorzusehen.

Tabelle 24 Auswertung der baurechtlichen Anforderungen in der Gebäudeklasse 4

Auswertung der baurechtlichen Anforderungen in der Gebäudeklasse 4		Bundesland		Stand		Bauordnung		Tragende Wände und Stützen		Trennwände		Nichttragende Außenwände		Brandwände		Tragende raumabschließende Decken		Tragende und unterirdische Treppen		Wände von notwendigen Treppenträumen		Wände von notwendigen Fluren		Aufzugsschachtwände	
Bauordnung	Stand	Bundesland	Tragende Wände und Stützen		Trennwände		Nichttragende Außenwände		Brandwände		Tragende raumabschließende Decken		Tragende und unterirdische Treppen		Wände von notwendigen Treppenträumen		Wände von notwendigen Fluren		Aufzugsschachtwände						
			oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	
MBO	13.05.2016		R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	R 60 <sup>2)</sup>	R 90 <sup>2)</sup>	EI 60 <sup>2)</sup>	EI 90 <sup>2)</sup>	EI 30 oder nb	EI 60-M <sup>2)</sup>	REI 60 <sup>2)</sup>	REI 90 <sup>2)</sup>	nb	EI 60-M <sup>2)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
BayBO	10.07.2018	Bayern	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	R 60 <sup>3)</sup>	R 90 <sup>3)</sup>	EI 60 <sup>3)</sup>	EI 90 <sup>3)</sup>	EI 30 oder nb	EI 60-M <sup>3)</sup>	REI 60 <sup>3)</sup>	REI 90 <sup>3)</sup>	nb	EI 60-M <sup>3)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
BauO BR	04.09.2018	Bremen	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
HBauO	23.01.2018	Hamburg	R 60 <sup>4)</sup>	R 90 <sup>4)</sup>	EI 60 <sup>4)</sup>	EI 90 <sup>4)</sup>	EI 30 oder nb	EI 60-M <sup>4)</sup>	REI 60 <sup>4)</sup>	REI 90 <sup>4)</sup>	nb	EI 60-M <sup>4)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
HBO	28.05.2018	Hessen	R 60 <sup>5)</sup>	R 90 <sup>5)</sup>	EI 60 <sup>5)</sup>	EI 90 <sup>5)</sup>	EI 30 oder nb	EI 60-M <sup>5)</sup>	REI 60 <sup>5)</sup>	REI 90 <sup>5)</sup>	nb	EI 60-M <sup>5)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
NBauO	12.09.2018	Niedersachsen	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	R 60 <sup>2)</sup>	R 90 <sup>2)</sup>	EI 60 <sup>2)</sup>	EI 60 <sup>2)</sup>	EI 30 oder nb	EI 60-M <sup>2)</sup>	REI 60 <sup>2)</sup>	REI 90 <sup>2)</sup>	nb	EI 60-M <sup>2)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
SachsBO	27.10.2017	Sachsen	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	R 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	R 90	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 90	EI 30 oder nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	REI 90	nb	EI 60-M + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>	EI 30 <sup>6)</sup>	EI 60 + K <sub>2</sub> 60 <sup>1)</sup>											

1) Nach M-HFHOLZR kann eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung (nicht brennbar) beim Holztafelbau vorgesehen werden. Das Entzünden der tragenden Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen muss für 60 Minuten verhindert werden.  
 2) Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen: Brennbare Baustoffe sind zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- und Rauchschutzbereichen, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.  
 3) Berlin: Nur die Holzbauteile sind zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird.  
 4) Hamburg: Nur die Massivholzbauteile sind zulässig bei Gebäuden mit einer Höhe von bis zu 22m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 200m<sup>2</sup> und Brandabschnitten von nicht mehr als 800m<sup>2</sup> pro Geschoss, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird.  
 5) Hessen: Brennbare Baustoffe sind zulässig, wenn die Technischen Baubestimmungen (§ 90 HBO) berücksichtigt sind. (Die Technischen Baubestimmungen sind noch nicht eingeführt)  
 6) Bei brennbaren Baustoffen der Tragkonstruktion ist eine wirksame Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen gegen die Brandeinwirkung vorzusehen.  
 7) Bei brennbaren Baustoffen der Tragkonstruktion ist eine wirksame Bekleidung auf der Schachttinnenseite aus nicht brennbaren Baustoffen gegen die Brandeinwirkung vorzusehen.

Tabelle 25 Auswertung der baurechtlichen Anforderungen in der Gebäudeklasse 5



Auswertung der baurechtlichen Anforderungen in der Gebäudeklasse 5																		
Bauordnung	Stand	Bundesland	Tragende Wände und Stützen			Trennwände		Nichttragende Außenwände	Brandwände	Tragende raumabschließende Decken		Tragende Bauteile von notwendigen Treppen	Wände von notwendigen Treppenträumen		Wände von notwendigen Fluren		Aufzugsschächtwände	
			oberirdisch	unterirdisch	R	oberirdisch	unterirdisch			oberirdisch	unterirdisch		oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch	oberirdisch	unterirdisch
MBO	13.05.2016		R 90		EI 90	EI 90		REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	R 90 <sup>1)</sup>		EI 90 <sup>1)</sup>		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90 <sup>1)</sup>		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90 <sup>1)5)</sup>	EI 90 und nb			
BayBO	10.07.2018	Bayern	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			
BauO Blh	09.04.2018	Berlin	R 90 <sup>2)</sup>		EI 90 <sup>2)</sup>		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90 <sup>3)</sup>		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90 <sup>3)5)</sup>	EI 90 und nb			
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			
BauO BR	04.09.2018	Bremen	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			
HBauO	23.01.2018	Hamburg	R 90 <sup>3)</sup>		EI 90 <sup>3)</sup>		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90 <sup>3)</sup>		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90 <sup>3)5)</sup>	EI 90 und nb			
HBO	28.05.2018	Hessen	R 90 <sup>4)</sup>		EI 90 <sup>4)</sup>		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90 <sup>4)</sup>		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90 <sup>4)5)</sup>	EI 90 und nb			
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			
NBauO	12.09.2018	Niedersachsen	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	R 90 <sup>1)</sup>		EI 60 <sup>1)</sup>		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90 <sup>1)</sup>		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90 <sup>1)5)</sup>	EI 90 und nb			
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90-M und nb			
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			
SachsBO	27.10.2017	Sachsen	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			
ThurBO	18.12.2018	Thüringen	R 90		EI 90		EI 30 oder nb	REI 90-M und nb	REI 90		R 30 und nb	EI 90-M und nb	EI 30 <sup>5)</sup>	EI 90	EI 90 und nb			

1) Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen: Brennbare Baustoffe sind zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- und Rauchschutzbereichen, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.  
 2) Berlin: Nur die Holzbauteile sind zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird.  
 3) Hamburg: Nur die Massivholzbauteile sind zulässig bei Gebäuden mit einer Höhe von bis zu 22m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 200m² und Brandabschnitten von nicht mehr als 800m² pro Geschoss, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird.  
 4) Hessen: Brennbare Baustoffe sind zulässig, wenn die Technischen Baubestimmungen (§ 90 HBO) berücksichtigt sind. (Die Technischen Baubestimmung ist noch nicht eingeführt!)  
 5) Bei brennbaren Baustoffen der Tragkonstruktion ist eine wirksame Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen gegen die Brandeinwirkung vorzusehen.

### 5.2.5 Anforderung der Rettungswegsituation

Die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an die Rettungswege stellen bei Aufstockungsmaßnahmen häufig die größten Schwierigkeiten. Wobei der erste Rettungsweg meistens durch die Erweiterung des vorhandenen Treppenhauses bereits durch die Nutzbarkeit der Aufstockung gegeben ist. Der zweite notwendige Rettungsweg ist dann häufig in der Umsetzung problematisch, weil bei vielen Bestandsgebäuden die Rettungsgeräte der Feuerwehr als zweiter notwendiger Rettungsweg herangezogen werden. Dieses ist bei Aufstockungen teilweise wegen der schlechteren Erreichbarkeit nicht möglich, dann müssen andere Lösungen herbeigeführt werden. Die zu beachtenden Festsetzungen der Landesbauordnungen sind in der Tabelle 26 aufgeführt mit den bundeslandspezifischen Abweichungen zur MBO. Zur besseren Übersicht ist diese Tabelle auch im Anhang D hinzugefügt.

*Tabelle 26 Festsetzungen zum ersten und zweiten Rettungsweg (Teil 1)*

Erster und zweiter Rettungsweg (§29 MBO)						
Bauordnung	Stand	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
MBO	13.05.2016	<p><b>Ausführung:</b></p> <p>Jede Nutzungseinheit muss in jedem Geschoss mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungswege ins Freie besitzen.</p> <p>Beide Rettungswege dürfen jedoch innerhalb des Geschosses über denselben notwendigen Flur führen.</p> <p>Aus nicht zu ebener Erde liegenden Geschossen muss der erste Rettungsweg über eine notwendige Treppe führen.</p> <p>Der zweite Rettungsweg kann eine weitere notwendige Treppe oder eine mit Rettungsgeräten der Feuerwehr erreichbaren Stelle der Nutzungseinheit sein.</p> <p>Bei der Verwendung von Rettungsgeräten, die Rettungen über 8 m Höhe ermöglichen müssen, ist die Überprüfung des Vorhandenseins bei der örtlichen Feuerwehr erforderlich.</p> <p>Auf einen zweiten Rettungswege kann verzichtet werden, wenn der erste Rettungsweg mit einem Sicherheitstuppenraum, wo Rauch und Feuer nicht eindringen kann, versehen wird.</p>				
LBO (BW) Baden- Württemberg	21.11.2017	wie MBO, außer: der 5.Punkt ist nicht vorhanden.				
BayBO Bayern	10.07.2018	wie MBO				
BauO Bln Berlin	09.04.2018	wie MBO				
BbgBO Brandenburg	15.10.2018	wie MBO				

Tabelle 27 Festsetzungen zum ersten und zweiten Rettungsweg (Teil 2)

Erster und zweiter Rettungsweg (§29 MBO)						
Bauordnung	Stand	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
BauO BR Bremen	04.09.2018	wie MBO, außer: der 5.Punkt ist nicht vorhanden.				
HBauO Hamburg	23.01.2018	wie MBO, außer: der 5.Punkt ist nicht vorhanden.				
HBO Hessen	28.05.2018	wie MBO, zusätzlich: wenn in ebenerdigen Geschossen die Rettung aus der Nutzungseinheit direkt ins Freie geht, ist ein zweiter Rettungsweg nicht erforderlich.				
LBauO M-V Mecklenburg-Vorpommern	05.07.2018	wie MBO				
NBauO Niedersachsen	19.09.2018	wie MBO, außer: der 5.Punkt ist nicht vorhanden.				
BauO NW Nordrhein-Westfalen	21.07.2018	wie MBO, zusätzlich: wenn in ebenerdigen Geschossen die Rettung aus der Nutzungseinheit direkt ins Freie geht und der Fluchtweg nur maximal 15 m beträgt, ist ein zweiter Rettungsweg nicht erforderlich.				
LBauO Rheinland-Pfalz	15.06.2015	wie MBO				
LBO (SL) Saarland	13.06.2018	wie MBO				
SächsBO Sachsen	27.10.2017	wie MBO				
BauO LSA Sachsen-Anhalt	26.07.2018	wie MBO				
LBO (SH) Schleswig-Holstein	08.06.2016	wie MBO				
ThürBO Thüringen	18.12.2018	wie MBO				

Weitere wesentliche brandschutztechnische Anforderungen, die die Rettungswegsituation betreffen, sind die Festsetzungen zu den notwendigen Fluren, der Treppen und des Treppenraumes. Hierfür sind detaillierte Tabellen, die die Forderungen der einzelnen Bundesländer berücksichtigen im Anhang D vorgesehen.

### **5.2.6 Änderungen der Anforderungen durch Erhöhung der Gebäudeklasse**

Weil Aufstockungsmaßnahmen zur Erhöhung der Gebäudehöhe nach § 2 MBO führen, ist die Möglichkeit eines Gebäudeklassenwechsels stets gegeben und zu prüfen. Die Übersicht der bauordnungsrechtlichen Vorgaben der brandschutztechnischen Anforderungen wird in Tabelle 28 dargestellt. Diese Tabelle dient zum Erhalt eine Einschätzung der notwendigen Maßnahmen bzw. Überprüfungen des Bestandes, wenn die geplante Aufstockung durchgeführt wird, damit kann die Planungssicherheit gesteigert werden. Grundsätzlich bleibt anzumerken, dass bei einem Gebäudeklassenwechsel die Expertise eines Fachplaners für Brandschutz frühzeitig im Planungsprozess empfehlenswert ist, weil die konkrete Bewertung der einzelnen, aufgelisteten Punkte nur im Einzelfall machbar ist. Des Weiteren kann der Fachplaner mögliche Abweichungen vom den bauordnungsrechtlichen Vorschriften identifizieren und deren Erfolg frühzeitig bewerten und damit die Kostenschätzung der Aufstockung solider gestalten. Die Übersicht der Anforderungsänderungen ist in Anhang D zu finden.

Tabelle 28 Übersicht der Änderungen beim Gebäudeklassenwechsel (Teil 1)

	Gebäudeklasse 3 → Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 4 → Gebäudeklasse 5
Feuerwiderstandsfähigkeit von der Gebäudekonstruktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ tragende Bauteile</li> <li>▪ Wände und Stützen (Tragfähigkeit)</li> <li>▪ feuerhemmend → hochfeuerhemmend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ tragende Bauteile</li> <li>▪ Wände und Stützen (Tragfähigkeit)</li> <li>▪ hochfeuerhemmend → feuerbeständig</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Decken (Tragfähigkeit und Raumabschluss)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Decken (Tragfähigkeit und Raumabschluss)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ feuerhemmend → hochfeuerhemmend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ hochfeuerhemmend → feuerbeständig</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ nicht tragende Bauteile</li> <li>▪ Trennwände (Raumabschluss)</li> <li>▪ feuerhemmend → hochfeuerhemmend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ nicht tragende Bauteile</li> <li>▪ Trennwände (Raumabschluss)</li> <li>▪ hochfeuerhemmend → feuerbeständig</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Außenwände (Raumabschluss)</li> <li>▪ keine Anf. → feuerhemmend oder nb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Außenwände (Raumabschluss)</li> <li>▪ feuerhemmend oder nb → feuerhemmend oder nb</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brandwände (Raumabschluss)</li> <li>▪ hochfeuerhemmend → hochfeuerhemmend mit zusätzlicher mechanischer Beanspruchung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brandwände (Raumabschluss)</li> <li>▪ hochfeuerhemmend mit zusätzlicher mechanischer Beanspruchung → feuerbeständig mit zusätzlicher mechanischer Beanspruchung und nb</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufzugsschachtwände (Raumabschluss)</li> <li>▪ feuerhemmend → hochfeuerhemmend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufzugsschachtwände (Raumabschluss)</li> <li>▪ hochfeuerhemmend → feuerbeständig und nb</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fassade Keine Anf. → schwer entflammbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fassade schwer entflammbar → schwer entflammbar</li> </ul>

Tabelle 29 Übersicht der Änderungen beim Gebäudeklassenwechsel (Teil 2)

	Gebäudeklasse 3 → Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 4 → Gebäudeklasse 5
Feuerwiderstand von Bauteilen der Flucht- und Rettungswegen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ tragende Bauteile von Treppen (Tragfähigkeit)</li> <li>▪ feuerhemmend oder nb → nb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ tragende Bauteile von Treppen (Tragfähigkeit)</li> <li>▪ nb → feuerhemmend und nb</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wände von notwendigen Treppenträumen (Raumabschluss)</li> <li>▪ feuerhemmend → hochfeuerhemmend mit zusätzlicher mechanischer Beanspruchung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wände von notwendigen Treppenträumen (Raumabschluss)</li> <li>▪ hochfeuerhemmend mit zusätzlicher mechanischer Beanspruchung → feuerbeständig mit zusätzlicher mechanischer Beanspruchung und nb</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wände von notwendigen Fluren (Raumabschluss)</li> <li>▪ feuerhemmend → feuerhemmend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wände von notwendigen Fluren (Raumabschluss)</li> <li>▪ feuerhemmend → feuerhemmend</li> </ul>
Ausführung von Treppenträumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beleuchtung</li> <li>▪ Notwendige Treppenträume sind grundsätzlich zu beleuchten.</li> <li>▪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beleuchtung</li> <li>▪ Notwendige Treppenträume sind grundsätzlich zu beleuchten. Bei notwendigen Treppenträumen ohne Fenster müssen ab 13m Gebäudehöhe eine Sicherheitsbeleuchtung vorgesehen werden.</li> <li>▪ Öffnungen ins Freie</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Öffnungen ins Freie</li> <li>▪ In jedem Stockwerk ein Fenster von mindestens 0,50 m<sup>2</sup> freiem Querschnitt oder</li> <li>▪ Eine Rauchableitung an der obersten Stelle von mindestens 1m<sup>2</sup> freiem Querschnitt, welche vom Erdgeschoss und obersten Podest bedienbar ist.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eine Rauchableitung an der obersten Stelle von mindestens 1m<sup>2</sup> freiem Querschnitt, welche vom Erdgeschoss und obersten Podest bedienbar ist.</li> </ul>
Ausführung von Brandwänden	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ oberer Gebäudeabschluss</li> <li>▪ bis unter die Dachhaut → mind. 30 cm über die Bedachung oder beidseitig mind. 50 cm feuerbeständige Platte (nb)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ oberer Gebäudeabschluss</li> <li>▪ mind. 30 cm über die Bedachung oder beidseitig mind. 50 cm feuerbeständige Platte (nb) → mind. 30 cm über die Bedachung oder beidseitig mind. 50 cm feuerbeständige Platte (nb)</li> </ul>



Tabelle 30 Übersicht der Änderungen beim Gebäudeklassenwechsel (Teil 3)

	Gebäudeklasse 3 → Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 4 → Gebäudeklasse 5
Voraussetzungen für den 2. Rettungsweg durch die Feuerwehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Personenrettung mit Geräten der Feuerwehr</li> <li>▪ 4-teilige Steckleiter → Drehleiter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Personenrettung mit Geräten der Feuerwehr</li> <li>▪ Drehleiter → Drehleiter</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufstellflächenabstand zum Gebäude</li> <li>▪ max. 2 m (Steckleiter) → max. 9 m (Drehleiter)</li> <li>▪ keine Anforderung → min. 3 m (Drehleiter)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufstellflächenabstand zum Gebäude (ab 18 m Brüstungshöhe)</li> <li>▪ max. 9 m (Drehleiter) → max. 6 m (Drehleiter)</li> <li>▪ min. 3 m (Drehleiter) → min. 3 m (Drehleiter)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zu- oder Durchgang → Zu- oder Durchfahrt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zu- oder Durchfahrt → Zu- oder Durchfahrt</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Oberleitungen und Straßenbeleuchtung</li> <li>▪ Keine Anforderung → Der Bereich der Aufstellfläche und Schwenkradius der Drehleiter muss frei sein</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Oberleitungen und Straßenbeleuchtung</li> <li>▪ Der Bereich der Aufstellfläche und Schwenkradius der Drehleiter muss frei sein → Der Bereich der Aufstellfläche und Schwenkradius der Drehleiter muss frei sein</li> </ul>
Hist. Veränderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Überprüfung</li> <li>▪ Baurechtliche Anforderungen zum Zeitpunkt der Genehmigung des Bestandsgebäudes → aktuellen baurechtlichen Anforderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Überprüfung</li> <li>▪ Baurechtliche Anforderungen zum Zeitpunkt der Genehmigung des Bestandsgebäudes → aktuellen baurechtlichen Anforderungen</li> </ul>

### 5.3 Bewertung des Bestandes aus brandschutztechnischer Sicht

#### 5.3.1 Grundlegendes Vorgehen

Weil bei Aufstockungsmaßnahmen auch die bestehende Gebäudestruktur eine brandschutztechnische Neubewertung unterliegen, müssen für die jeweiligen vorhandenen Aufbauten (z.B. Decken, Wände, Treppen usw.) die Feuerwiderstandsdauer und die Brennbarkeit der verwendeten Materialien geklärt werden, um den baurechtlich geforderten Feuerwiderstand nach den aktuellen Festsetzungen der jeweiligen Landesbauordnungen prüfen zu können. Durch die Prüfung der brandschutztechnischen Eigenschaften der Bauteile können für die weitergehende Planung der Aufstockungsmaßnahme notwendige Baumaßnahmen identifiziert werden und entsprechend Berücksichtigung im Bauablauf finden. Insgesamt dient die Überprüfung der Steigerung der Planungs- und Kostensicherheit.

Zur Feststellung der vorhandenen Bauteilaufbauten der bestehenden Gebäudestruktur sollten Analysen durchgeführt werden. Die Bestandsunterlagen, wie z.B. die Statik, Baupläne usw., sind solide Anhaltspunkte für den wahrscheinlich vorzufindenden Bauteilaufbau. Grundsätzlich besteht jedoch

keine Garantie, dass die Gebäudestruktur auch deckungsgleich mit den vorliegenden Plänen und Unterlagen gebaut wurde. Aus diesem Grund dienen die Bauteilanalysen zur Verifizierung der Bestandsunterlagen. Grundsätzlich sind der Detaillierungsgrad und die Anzahl der Untersuchungen auf die Informationstiefe der Bestandsunterlagen anzupassen. Sollten die ersten einfachen Untersuchungen wie z.B. Bauteilabmessungen und Schichtenaufbauten eine hohe Übereinstimmung mit den Bestandsunterlagen aufweisen, kann gegebenenfalls auf kostenintensivere Untersuchungen verzichtet werden.

Empfehlenswert für die praktische Umsetzung der Bestandsanalyse der Aufstockungsmaßnahme ist die übergeordnete Koordination (z.B. beim Architekten) der Bauteiluntersuchungen. Häufig benötigen die Untersuchungen des Tragwerks die gleichen Informationen wie die brandschutztechnische Bewertung. Oder Untersuchungen können durch kleine Modifikation die gewünschte Zusatzinformation herausfinden. Deswegen ist eine gut koordinierte Bestandsanalyse für die Kontrolle und Optimierung der Kosten in der Planung essentiell.

### **5.3.2 Richtwerte für Gebäude der Baualtersklasse D/E (1949-1965)**

In der DIN 4102-2:1940-11 wurde der Feuerwiderstand von genormte Bauteilkonstruktionen festgelegt. Die zweite Auflage der DIN 4102-2 aus dem Jahr 1940 galt bis ins Jahr 1965 für die brandschutztechnische Bewertung von Bauteilen. Grundsätzlich können die Angaben der veralteten Normung nicht für heutige Baumaßnahmen herangezogen werden, weil diese eventuell nicht mehr den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Aus diesem Grund sind die hier festgehaltenen Angaben (siehe Tabelle 31) aus den DIN 4102-2:1940-11 nur als Richtwert für die Bewertung der brandschutztechnischen Eigenschaften von Bestandbauteilen zu interpretieren. Weitere Angaben zu Tragkonstruktionen, wie z.B. Träger und Stützen, können der DIN 4102-2:1940-11 direkt entnommen werden.

Tabelle 31 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-2:1940-II (Teil 1)

	Feuerhemmend (30 min)	feuerbeständig (90 min)
<b>Bekleidungen</b>	<u>Putze auf Putzträgern</u> aus: Kalk + Gips (5 zu 1) oder Zement + Putzsand (1 zu 3) oder Gips + Putzsand (1 zu 1 - 3) Mindestdicke: 1,5 cm	Keine Angaben
<b>Wände</b>	<u>Mauerwerk aus:</u> Vollfugig gemauerter Steine, auch mit Hohlräumen Mindestdicke: 6 cm	<u>Mauerwerk aus:</u> Steine ohne Hohlräumen oder Querloch- ziegeln Mindestdicke: 12 cm oder aus: Vollfugig gemauerten Langlochziegeln oder zementgebundenen Hohlsteinen Mindestdicke: 25 cm
	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Schwerbeton (Kiesbeton) Mindestdicke: 10 cm	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Beton oder Eisenbeton ohne Hohlräume Mindestdicke: 10 cm
	<u>Holztafelbau mit:</u> Bekleidung aus Putz	

Tabelle 32 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-2:1940-II (Teil 2)

	Feuerhemmend (30 min)	feuerbeständig (90 min)
Decken	<u>Mauerwerk aus:</u> Vollfugig gemauerter Steine, auch mit Hohlräumen mit Bewehrung (Steineisendecke) Mindestdicke: 6 cm	<u>Mauerwerk aus:</u> Gewölbe aus Steinen (oder Beton)  Mindestdicke: 10 cm oder aus: Steineisendecke mit zusätzlichem Putz (1,5cm) und Zementestrich (2,5 cm) Mindestdicke: 10cm
	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Schwebeton mit Bewehrung (Eisenbeton)  Mindestdicke: 10 cm	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Eisenbetonplatten oder Eisenbetondielen mit zusätzlichen Putz (1,5 cm) unterseitig. Der Putz kann entfallen, wenn die Platten statisch unbestimmt gelagert sind.  Mindestdicke: 10 cm
	<u>Holzbalkendecke mit:</u> unterseitiger Bekleidung aus Putz und 2,5 cm Estrich und nicht brennbaren Ausfüllungen	

### 5.3.3 Richtwerte für Gebäude der Baualtersklasse E/F (1965 – 1970)

In der DIN 4102-4:1965-09 wurde der Feuerwiderstand von genormten Bauteilkonstruktionen festgelegt. Der Teil 4 löste dabei den ursprünglichen Teil 2 ab und galt in seiner ersten Auflage bis 1970 für die brandschutztechnische Bewertung von Bauteilen. Grundsätzlich können die Angaben der veralteten Normung nicht für heutige Baumaßnahmen herangezogen werden, weil diese eventuell nicht mehr den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Aus diesem Grund sind die hier festgehaltenen Angaben (siehe Tabelle 33) aus der DIN 4102-4:1965-09 nur als Richtwert für die Bewertung der brandschutztechnischen Eigenschaften von Bestandbauteilen zu interpretieren. Weitere Angaben zu Tragkonstruktionen, wie z.B. Träger und Stützen, können der DIN 4102-4:1965-09 direkt entnommen werden.

Tabelle 33 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-4:1965-09 (Teil 1)

	Feuerhemmend (30 min)	feuerbeständig (90 min)
<b>Bekleidungen</b>	<u>Putze auf Putzträgern aus:</u> Mörtel der Gruppe II Mörtel der Gruppe IV Mindestdicke: 1,5 cm	Keine Angaben
<b>Wände</b>	<u>Mauerwerk aus:</u> Vollfugig gemauerter Steine, auch mit Hohlräumen Mindestdicke: 6 cm	<u>Mauerwerk aus:</u> Steine ohne Hohlräumen oder vollfugig gemauerten Hochlochziegeln A Mindestdicke: 11,5 cm oder aus: vollfugig gemauerten Langlochziegeln oder Hochlochziegeln B Mindestdicke: 24 cm
	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Schwerbeton (Kiesbeton) Mindestdicke: 10 cm oder aus: Leichtbeton (< 1600 kg/m <sup>3</sup> ) Mindestdicke: 5 cm	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Beton oder Stahlbeton Mindestdicke: 10 cm
	<u>Trockenbau aus:</u> Gipswandbauplatten Mindestdicke: 6 cm	<u>Trockenbau aus:</u> Gipswandbauplatten Mindestdicke: 8 cm
	<u>Holztafelbau mit:</u> Bekleidung aus Putz oder mit: Bekleidung aus Holz und einer mineralischen Dämmung (5 cm) aus: Sperrholzplatten Mindestdicke: 8 mm Aus: Holzspanplatten Mindestdicke: 13 mm Aus: Holzschalung Mindestdicke: 22 mm	

Tabelle 34 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-4:1965-09 (Teil 2)

	Feuerhemmend (30 min)	feuerbeständig (90 min)
Decken	<u>Mauerwerk aus:</u> Vollfugig gemauerter Steine, auch mit Hohlräumen mit Bewehrung (Steineisenendecke) Mindestdicke: 6 cm	<u>Mauerwerk aus:</u> Gewölbe aus Steinen (oder Beton)  Mindestdicke: 10 cm oder aus: Stahlsteindecke mit zusätzlichem Putz (1,5cm) und Zementestrich (2,5 cm) Mindestdicke: 11,5cm
	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Schwebeton mit Bewehrung (Eisenbeton) Mindestdicke: 10 cm	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Stahlbetonplatten  Mindestdicke: 10 cm oder aus: Stahlbetonhohldielen (schwebeton) Mindestdicke: 13 cm
	<u>Stahlbetonrippendecke aus:</u> Beton Mindestdicke (Platte): 6 cm Mindestbreite (Rippe): 10 cm	<u>Stahlbetonrippendecke aus:</u> Beton Mindestdicke (Platte): 7 cm Mindestbreite (Rippe): 12 cm
	<u>Holzbalkendecke</u> nach Richtlinie für Holzhäuser in Tafelbauart und nicht brennbarer Auffüllung	

#### 5.3.4 Richtwerte für Gebäude der Baualterklasse F/E (1970 – 1981)

In der DIN 4102-4:1970-02 wurde der Feuerwiderstand von genormte Bauteilkonstruktionen festgelegt und galt in seiner zweiten Auflage bis 1981 für die brandschutztechnische Bewertung von Bauteilen. Grundsätzlich können die Angaben der veralteten Normung nicht für heutige Baumaßnahmen herangezogen werden, weil diese eventuell nicht mehr den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Aus diesem Grund sind die hier festgehaltenen Angaben (siehe Tabelle 35) aus den DIN 4102-4:1970-02 nur als Richtwert für die Bewertung der brandschutztechnischen Eigenschaften von Bestandbauteilen zu interpretieren. Weitere Angaben zu Tragkonstruktionen, wie z.B. Träger und Stützen, können der DIN 4102-4:1970-02 direkt entnommen werden.

Tabelle 35 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-4:1970-02 (Teil 1)

	Feuerhemmend (30 min)	feuerbeständig (90 min)
<b>Bekleidungen</b>	<u>Putze auf Putzträgern aus:</u> Mörtel der Gruppe II Mörtel der Gruppe IV Mindestdicke: 1,5 cm	Keine Angaben
<b>Wände</b>	<u>Mauerwerk aus:</u> Vollfugig gemauerter Steine, auch mit Hohlräumen  Mindestdicke: 6 cm	<u>Mauerwerk aus:</u> Steine ohne Hohlräumen oder vollfugig gemauerten Hochlochziegeln A Mindestdicke: 11,5 cm <u>oder aus:</u> vollfugig gemauerten Langlochziegeln oder Hochlochziegeln B Mindestdicke: 24 cm
	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Schwerbeton (Kiesbeton) Mindestdicke: 10 cm <u>oder aus:</u> Leichtbeton (< 1600 kg/m <sup>3</sup> ) Mindestdicke: 5 cm	Beton / <u>Stahlbeton</u> aus: <u>Beton</u> oder Stahlbeton Mindestdicke: 10 cm
	<u>Trockenbau aus:</u> Gipswandbauplatten  Mindestdicke: 6 cm	<u>Trockenbau aus:</u> Gipswandbauplatten ohne organische Zusatzstoffe Mindestdicke: 6 cm
	<u>Trockenbauwand aus:</u> holz- oder Stahlständer bekleidet mit Gipskarton-Bauplatten F Mindestdicke (GKF): 12,5 mm	<u>Trockenbauwand aus:</u> zusammengenagelten Gipskarton - Stielen (75 mm x 125 mm) mit einer Dämmschicht der Klasse B1 (50 mm) und Bekleidung aus GKB (18mm)
	<u>Holztafelbau</u> mit: Bekleidung aus Putz oder mit: Bekleidung aus Holz und einer mineralischen Dämmung (5 cm) aus: Sperrholzplatten Mindestdicke: 8 mm Aus: Holzspanplatten Mindestdicke: 13 mm Aus: Holzschalung Mindestdicke: 22 mm	

Tabelle 36 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-4:1970-02 (Teil 2)

	Feuerhemmend (30 min)	feuerbeständig (90 min)
Decken	<u>Mauerwerk aus:</u> Vollfugig gemauerter Steine, auch mit Hohlräumen mit Bewehrung (Steineisendecke) Mindestdicke: 6 cm  oder aus: Stahlsteindecken Mindestdicke: 9 cm	<u>Mauerwerk aus:</u> Gewölbe aus Steinen (oder Beton)  Mindestdicke: 10 cm  oder aus: Stahlsteindecke mit zusätzlichem Putz (1,5cm) und Zementestrich (2,5 cm) Mindestdicke: 11,5cm
	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Schwerbeton mit Bewehrung (Eisenbeton) Mindestdicke: 10 cm	<u>Beton / Stahlbeton aus:</u> Stahlbetonplatten  Mindestdicke: 10 cm oder aus: Stahlbetonhohldielen (schwerbeton) Mindestdicke: 13 cm
	<u>Stahlbetonrippendecke aus:</u> Beton Mindestdicke (Platte): 6 cm Mindestbreite (Rippe): 10 cm	<u>Stahlbetonrippendecke aus:</u> Beton Mindestdicke (Platte): 7 cm Mindestbreite (Rippe): 12 cm
	<u>Holzbalkendecke</u> nach Richtlinie für Holzhäuser in Tafelbauart oder bekleidet mit Gipskarton-Bauplatten Mindestdicke (GKF): 12,5 mm Mindestdicke (GKB): 18 mm	

### 5.3.5 Richtwerte für Gebäude der Baualtersklasse E (1981 – 1992)

In der DIN 4102-4:1981-03 wurde der Feuerwiderstand von genormte Bauteilkonstruktionen festgelegt und galt in seiner dritten Auflage bis 1992 für die brandschutztechnische Bewertung von Bauteilen. Die Änderungen und Erweiterungen des 4.Teils der DIN 4102 waren sehr umfangreich. Die Seitenzahlen sind von insgesamt 8 Seiten in der zweiten Auflage auf 108 Seiten in der dritten Auflage (gültig seit März 1981) angestiegen. Die Bewertung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen wurde deutlich detaillierter und umfangreicher. Die Einführung von Bemessungswerten im Brandfall fand statt und benötigte daher mehr Randbedingungen als zuvor. Der Umfang der entstandenen DIN für die brandschutztechnische Beurteilung ist im Rahmen des Leitfadens nicht mehr abzubilden, daher muss auf die DIN 4102-4:1981-03 direkt verwiesen werden. Inhaltlich sind in der heutigen Auflage des Teil 4 der DIN 4102 kaum Änderungen der Bewertungen erkennbar. Es wurden hauptsächlich nur noch Erweiterungen der Bewertungen eingearbeitet und die bestehenden Bewertungen aus dem Jahr 1981 beibehalten, so dass auch die heutige DIN 4102-4 verwendet werden könnte. Wel-



ches zum Vorteil hätte, dass die Bewertung nicht nur ein Richtwert wäre, sondern bauordnungsrechtlich Bestand hätte.

## **5.4 Abweichungen bei Aufstockungen**

## **5.5 Grundlegendes Vorgehen bei Beantragung von Abweichung**

Grundsätzlich hat der Gesetzgeber die Möglichkeit geschaffen von den bauplanungs- und bauordnungsrechtlichen Festsetzungen abzuweichen. Nach § 67 der Musterbauordnung können Bauaufsichtsbehörden Abweichungen von Anforderungen zulassen, wenn unter Berücksichtigung des Zwecks der Anforderung, die öffentlich-rechtlichen Belange der Nachbarn und insbesondere die allgemeinen Anforderungen an Bauwerke (§ 3 der MBO) mit der Abweichung vereinbar sind. Abweichungen von den brandschutztechnischen Festlegungen werden in der Praxis im Rahmen eines Brandschutznachweises beantragt, weil der Brandschutz eines Gebäudes als gesamtheitliches System funktionieren muss. Hierbei dient die Generalklausel des Brandschutzes (§ 14 der MBO) zur Definition der zu erreichenden Schutzziele des Brandschutzkonzeptes. Das fiktive Schutzniveau, welche durch die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an den Brandschutz geschaffen wird, muss durch das tatsächliche Schutzniveau der Baumaßnahme eingehalten werden. Hierbei können auch Maßnahmen vorgesehen werden, die grundsätzlich über die Anforderungen der Bauordnungen hinausgehen, um eventuelle Schwächen an anderer Stelle zu kompensieren. Zusammenfassend haben die bauordnungsrechtlichen Festlegungen zur Abweichung die Konsequenz, dass eine Abweichung zulässig ist, wenn ein äquivalentes Schutzniveau durch die Ausführung des Bauwerkes erreicht wird. Bauaufsichtsbehörden sind nicht verpflichtet Abweichungen anzuerkennen. Deswegen ist eine frühzeitige Abstimmung im Planungsprozess empfehlenswert, wenn Abweichungen erforderlich werden.

### **5.5.1 Musterabweichung für Geschossdecken**

Bei Aufstockungsmaßnahmen sind Abweichungen stets ein adäquates Mittel um die Umsetzung zu ermöglichen. Häufig ergeben sich Abweichungen durch den gegebenen Bestand und sind daher in der Planung und Ausführung entsprechend zu berücksichtigen. Bestandgebäude können durch die Aufstockung in eine neue Gebäudeklasse aufsteigen und müssen dann die Anforderungen an die tragenden und raumabschließenden Geschossdecken rechtlich einhalten, doch sind die Bestandsdecken eventuell von einem geringeren Feuerwiderstand als durch die Landesbauordnung gefordert. Die in Tabelle 37 aufgezeigte Argumentation der denkbaren Abweichung soll als Vorschlag dienen für die praktische Umsetzung. Die Anerkennung durch die Bauaufsichtsbehörde kann nicht garantiert werden.

Tabelle 37 Musterabweichung des Feuerwiderstandes von Geschossdecken

Baurechtliche Anforderung	Analyse der Abweichung
<p>MBO §31 (1) Satz 2 Nr. 1 „Geschossdecken in der Gebäudeklasse 5 sollen feuerbeständig sein.“</p> <p>oder</p> <p>MBO §31 (1) Satz 2 Nr. 1 „Geschossdecken in der Gebäudeklasse 4 sollen hochfeuerhemmend sein.“ (evtl. anzupassen)</p>	<p><b>Ausführung:</b> Im Rahmen der geplanten Aufstockungsmaßnahme werden abweichend zu den feuerbeständigen Geschossdecken (evtl. anzupassen) die bereits vorhandenen Geschossdecken, in den von der Baumaßnahme unberührten Teilen des Gebäudes) in Holzbauweise (evtl. anzupassen) mit einer Feuerwiderstandsfähigkeit von feuerhemmend (F 30-B) (evtl. anzupassen) für die tragende und raumabschließende Funktion beibehalten. Zur Verbesserung der Angriffszeit der Feuerwehr zur Durchführung wirksamer Löscharbeiten wird eine trockene Steigleitung im Treppenraum eingebaut.</p>
	<p><b>Beurteilung und Risikoanalyse:</b> Durch die Weiterverwendung der Bestandsdecken besteht die Gefahr einer frühzeitigen Brandausbreitung auf andere Nutzungseinheiten des Gebäudes. Diese Gefahr bestehe bereits im Bestandsgebäude auch ohne Aufstockung und hat auch keinen Einfluss auf die Gefahr der Nutzungseinheiten in der Aufstockung. Feuerwehren ist diese Gefahr für die bestehenden Nutzungseinheiten bei Gebäuden mit vergleichbaren Baualter bekannt. Die Anordnung einer trockenen Steigleitung ist daher eine Verbesserung der Bestandssituation und wirkt sich minimierend auf die Gefahr der Brandausbreitung in der Bestandskonstruktion aus.</p>
	<p><b>Begründung und Kompensation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Anforderungen an die Geschossdecken steigen durch die Aufstockung und den Wegfall des Bestandsschutzes</li> <li>▪ Der Abriss der Geschossdecken in Holzbauweise ist unwirtschaftlich und ökologisch nicht vertretbar.</li> <li>▪ Der bewohnte Zustand der Nutzungseinheiten im Bestand macht eine Baumaßnahme an den Geschossdecken nahe zu unmöglich. Die Beeinträchtigung der Nutzer wäre unzumutbar.</li> <li>▪ Durch die Aufstockung von einem bzw. zwei Geschossen wird die Gefahr der Nutzungseinheiten der Bestandsgeschosse nicht signifikant verändert.</li> <li>▪ Grundsätzlich besteht auch keine Veranlassung, die von der Änderung nicht berührten Teile eines Gebäudes, die möglicherweise mit den geltenden bauordnungsrechtlichen Anforderungen nicht in Einklang stehen, automatisch an die Forderungen des aktuellen Bauordnungsrechts anzupassen.</li> <li>▪ Die Anordnung einer trockenen Steigleitung ermöglicht einen deutlich schnelleren Brandangriff der Feuerwehr, weil keine Schläuche im Treppenraum im Brandfall verlegt werden müssen. Dadurch wird der Gefahr der Brandausbreitung auf weitere Nutzungseinheiten entgegengewirkt.</li> </ul>

### 5.5.2 Musterabweichung für Holztreppen

Bei Aufstockungsmaßnahmen sind Abweichungen stets ein adäquates Mittel um die Umsetzung zu ermöglichen. Häufig ergeben sich Abweichungen durch den gegebenen Bestand und sind daher in der Planung und Ausführung entsprechend zu berücksichtigen. Die meisten Bestandsgebäude älterer Baualtersklassen besitzen Holztreppen als ersten Rettungsweg. Die heutigen Anforderungen an Treppen in den Gebäudeklassen 4 und 5 sind strenger und führen daher zu unausweichlichen Abweichungen, wenn eine Aufstockungsmaßnahme realisiert werden soll. Die in Tabelle 21 aufgezeigte Argumentation der denkbaren Abweichung soll als Vorschlag dienen für die praktische Umsetzung. Die Anerkennung durch die Bauaufsichtsbehörde kann nicht garantiert werden.

*Tabelle 38 Musterabweichung von Holztreppen in Gebäudeklasse 4 und 5 (Teil 1)*

Baurechtliche Anforderung	Analyse der Abweichung
<p><b>MBO §34 (4) Satz 1 Nr. 1</b></p> <p>„Treppen in der Gebäudeklasse 5 sollen feuerhemmend und aus nicht brennbaren Baustoffen hergestellt sein.“</p>	<p><b>Ausführung:</b></p> <p>Im Rahmen der geplanten Aufstockungsmaßnahme wird abweichend zu der Forderung der Herstellung der Treppe aus nicht brennbaren Baustoffen die bereits vorhandene Holzterpette mit einer Feuerwiderstandsfähigkeit von feuerhemmend (F 30-B) (evtl. anzupassen) für die tragende Funktion weiterverwendet. Der neu zu errichtende Treppenschnitt, der für die Aufstockung hergestellt werden muss, wird gemäß den aktuellen baurechtlichen Anforderungen ausgeführt.</p>
<p><b>oder</b></p> <p><b>MBO §34 (4) Satz 1 Nr. 2</b></p> <p>„Treppen in der Gebäudeklasse 4 sollen aus nicht brennbaren Baustoffen hergestellt sein.“</p> <p>(evtl. anzupassen)</p>	<p><b>Beurteilung und Risikoanalyse:</b></p> <p>Durch die Weiterverwendung der bestehenden Holztreppenkonstruktion bleibt die Gefahr für die bereits bestehenden Nutzungseinheiten des Gebäudes unverändert. Die Aufstockungsmaßnahme verändert nicht die Gefahr, die von einer Holzterpette ausgeht. Grundsätzlich ist die Beteiligung der Holzterpette an einem Brandereignis als geringfügig einzuschätzen, weil sich brennbare Wand- und Deckenoberflächen deutlich intensiver am Brand beteiligen.</p>

Tabelle 39 Musterabweichung von Holztreppen in Gebäudeklasse 4 und 5 (Teil 2)

Baurechtliche Anforderung	Analyse der Abweichung
<p>MBO §34 (4) Satz 1 Nr. 1</p> <p>„Treppen in der Gebäudeklasse 5 sollen feuerhemmend und aus nicht brennbaren Baustoffen hergestellt sein.“</p> <p>oder</p> <p>MBO §34 (4) Satz 1 Nr. 2</p> <p>„Treppen in der Gebäudeklasse 4 sollen aus nicht brennbaren Baustoffen hergestellt sein.“</p> <p>(evtl. anzupassen)</p>	<p><b>Begründung und Kompensation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Anforderungen an die Geschosdecken steigen durch die Aufstockung und den Wegfall des Bestandsschutzes</li> <li>▪ Der Abriss der Holztreppe ist unwirtschaftlich und ökologisch nicht vertretbar.</li> <li>▪ Der bewohnte Zustand der Nutzungseinheiten im Bestand macht ein Abriss der Treppe unmöglich, weil die Beeinträchtigung der Nutzer unverhältnismäßig wäre.</li> <li>▪ Die Holztreppe verfügt über eine Feuerwiderstandsfähigkeit von feuerhemmend. Die Brennbarkeit der Treppe ist nicht alleinig für die Aussagekraft des Schutzniveaus maßgebend.</li> <li>▪ Die Treppe beteiligt sich nicht maßgebend am Brandereignis und die Zündquellen im Treppenraum sind gegenüber Nutzungseinheiten auch stark minimiert.</li> <li>▪ Weitere Brandlasten im Treppenraum sind gesetzlich nach der Verordnung über die Verhütung von Bränden VVB verboten.</li> <li>▪ Zwischen der alten Holztreppe und neuen Treppe besteht zwar eine unmittelbare (bauliche) Verbindung. Jedoch lässt sich abschließend kein konsequenter konstruktiver Zusammenhang erkennen. Grundsätzlich besteht auch keine Veranlassung, die von der Änderung nicht berührten Teile eines Gebäudes, die möglicherweise mit den geltenden bauordnungsrechtlichen Anforderungen nicht in Einklang stehen, automatisch an die Forderungen des aktuellen Bauordnungsrechts anzupassen.</li> <li>▪ Durch die Aufstockung von einem bzw. zwei Geschossen wird die Gefahr der Nutzungseinheiten der Bestandsgeschosse nicht signifikant verändert.</li> </ul>

## 6 Bestandsuntersuchung und Bewertung hinsichtlich Schadstoffen

### 6.1 Beschreibung häufig vorkommender Schadstoffe

#### 6.1.1 Asbest

Asbestfasern sind natürlich vorkommende Minerale, die aufgrund ihrer Eigenschaften in einer Vielzahl von Bauprodukten zum Einsatz gekommen sind. Sie besitzen eine hohe chemische Beständigkeit, sind thermisch stabil und brennen nicht. Darüber hinaus lassen sich Asbestfasern leicht mit anderen Materialien verbinden und weisen eine hohe Zugfestigkeit und Elastizität auf. Asbest wurde in Deutschland ab etwa 1930 verbaut. Insgesamt gab es weit mehr als 3000 verschiedene Produkte aus Asbest, besonders Asbestzement fand große Anwendung. In den 1960er und 70er Jahren wurde in Deutschland eine Vielzahl von Baustoffen aus asbesthaltigen Materialien verbaut. [23]

Asbest kann in seiner Form als schwach gebundener und fest gebundener Asbest unterschieden werden. In schwach gebundener Form kann Asbest beispielsweise in Putzen, Leichtbauplatten, Elektroinstallationen, Vinyl-Bodenbelägen oder als Spritzasbest vorkommen. Fest gebundener Asbest kommt zum größten Teil in Asbestzementprodukten wie Dachwellplatten, Fassadenelementen oder in Kittstoffen vor. Die Einteilung in schwach und stark gebundener Form hat Einfluss auf die Freisetzung der gesundheitsschädigenden Asbestfasern.

Die Gefahren von Asbestfasern gehen durch die Fähigkeit der Aufspaltung einzelner Fasern aus. Diese können sich der Länge nach immer weiter aufspalten und schließlich in atembare Größe freigesetzt werden. Die eingeatmeten Partikel können sich durch die Lunge in das Rippen- und Bauchfell einlagern. Sie können vom Körper nicht abgebaut werden und verursachen langfristig chronische Krankheiten wie Lungenkrebs. [24]

Die Beseitigung von Asbest wird unter anderem durch die Technischen Regeln für Gefahrstoffe 519 (TRGS 519) geregelt. Es ist zu vermeiden, dass Asbestfasern durch Bohren, Sägen, Schleifen, Zerschlagen oder unsachgemäße Reinigung in die Luft geraten. Darüber hinaus ist eine fachgerechte Verpackung und Entsorgung sicher zu stellen. Durch das hohe Gefährdungspotential dürfen Bereiche, in denen mit Asbest gearbeitet wird, nur über Personenschleusen mit ausreichender Be- und Entlüftung betreten werden, dazu sollen Personen einen Schutanzug sowie Atemmasken tragen. [25]

Nach TRGS 519 muss für die Beurteilung einer Sanierung von schwach gebundenen Asbestprodukten die für das jeweilige Bundesland gültige Asbest-Richtlinie herangezogen werden. Hierin wird die Sanierungsmaßnahme in die Möglichkeit einer vorläufigen und einer endgültigen Sanierung aufgeteilt. Die vorläufige Sanierung unterteilt sich wiederum in eine betriebliche und eine bauliche Sanierung. Hierbei geht es darum, das asbesthaltige Material im Gebäude zu behalten, dieses durch gezielte Maßnahmen aber vor Einwirkungen zu schützen. Die endgültige Sanierung kann durch das Entfernen, das Beschichten oder eine räumliche Trennung geschehen. [25]

#### 6.1.2 Künstliche Mineralfasern (KMF)

Künstliche Mineralfasern sind synthetisch hergestellte Fasern, die aufgrund ihrer guten wärmedämmenden Eigenschaften sowie ihrer Nichtbrennbarkeit zum Einsatz in Bauprodukten kommen. Künstliche Mineralfasern kommen am häufigsten in Mineralwollen zum Einsatz, hier werden sie zur Wärmedämmung, Schallisolierung, Kälteschutz und Brandschutz verwendet. Sie unterscheiden sich in Glaswolle-, Steinwolle- und Schlackenwolleprodukte. [26]

Ähnlich wie bei Asbestfasern können künstliche Mineralfasern durch die Atemwege in die Lunge geraten und dort krebserzeugend wirken. Wichtig ist, dass nicht alle künstlichen Mineralfasern als gefährlich eingestuft werden. Mineralwollprodukte, die vor 1996 eingebaut wurden, werden als „alte Mineralwollen“ eingestuft und beinhalten häufig schädliche, künstliche Mineralfasern. „Neue Mineralfasern“, die ab dem Jahr 1996 eingebaut wurden, sind dagegen als nicht schädlich einzustufen. Ob die künstlichen Mineralfasern alter Mineralwollen schädigend wirken, wird in den „Technischen Regeln für Gefahrstoffe – Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ (TGRS 905) behandelt. Für Sanierungsmaßnahmen werden die „Technischen Regeln für Gefahrstoffe – Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle“ (TGRS 521) herangezogen. [27, 28]

Für die Sanierung und den Abriss von vor 1996 eingebauten, künstlichen Mineralfasern gibt es nach TGRS 521 drei Expositions-kategorien, die zum Schutz der Gesundheit eingeführt wurden. Expositions-kategorien werden nach der zu erwartenden Faserstaubkonzentration der Arbeiten an der Mineralwolle erstellt. Die erste Expositions-kategorie E1 beschreibt Arbeiten, bei denen keine oder nur eine sehr geringe Faserkonzentration in der Luft vorkommen kann. Expositions-kategorie 2 (E2) gilt für Arbeiten, die eine geringe bis mittlere Faserexposition hervorrufen. Expositions-kategorie 3 (E3) gilt für Arbeiten, die eine hohe Faserstaubkonzentration von über 250000 Fasern/m<sup>3</sup> hervorrufen. Je nach Expositions-kategorie der Arbeiten werden in TGRS 521 verschiedene Maßnahmen und Schutzvorschriften definiert. Darüber hinaus ist eine Tabelle mit verschiedenen Tätigkeiten zur Sanierung von alten, künstlichen Mineralfasern und deren Expositions-kategorie gegeben. Arbeiten, die nicht in der Tabelle vorgegeben sind, müssen mit den Vorschriften der Expositions-kategorie E3 ausgeführt werden. [27]

*Tabelle 40 Faserstaubkonzentrationen abhängig von der Expositions-kategorie*

Expositions-kategorie	Faserstaubkonzentration in Fasern/m <sup>3</sup>
E1	<50.000
E2	50.000 – 250.000
E3	> 250.000

### 6.1.3 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Polychlorierte Biphenyle gehören zu der Familie der chlorierten Kohlenwasserstoffe und werden synthetisch hergestellt. PCB sind gegenüber Hitze und Chemikalien sehr stabil, haben eine gute Löslichkeit in Ölen und organischen Lösemitteln und sind schlecht in Wasser löslich. Sie können in Bauprodukten vor allem als Weichmacher für Dichtmassen, Farbanstriche, Putze oder Klebstoffe enthalten sein. Darüber hinaus wurde PCB in Kondensatoren verbaut. PCB Belastungen können über Primärquellen oder Sekundärquellen in Gebäuden auftreten. Primärquellen sind Baustoffe in denen PCB als Bestandteil zugefügt wurde. Sekundärquellen stellen Bauteile dar, die über eine längere Zeit PCB ausgesetzt waren und diese über ihre Oberfläche wieder abgeben können. [28]

PCB kann über belastete Baumaterialien an die Raumluft abgegeben werden. Die Aufnahme kann daraufhin über die Atemluft oder Hautkontakt erfolgen. Vor allem durch langfristige Aufnahme des Stoffes können durch PCB Krankheiten verursacht werden. In den Technischen Regeln für Gefahrstoffe 905 wird PCB als Stoff eingestuft, der die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigt, fruchtschädigend sein kann und im Verdacht steht eine krebserzeugende Wirkung zu haben.

Die Sanierung von PCB belasteten Räumen wird durch die von den Ländern veröffentlichte PCB-Richtlinie geregelt. Ziel der Sanierungsmaßnahmen ist es hierbei einen dauerhaften Wert von unter 300 ng PCB pro m<sup>3</sup> Luft zu erreichen. Verfahren hierzu stellen Entfernen, Beschichten oder eine räumliche Trennung der PCB-Quellen dar. [29]

Primärquellen müssen nach PCB-Richtlinie dauerhaft entfernt werden, um den gewünschten Erfolg zu gewährleisten. Die Primärquellen werden hierbei mit staubarm arbeitenden Werkzeugen oder von Hand entfernt und anschließend entsorgt. Hierbei müssen eine Reihe von Schutzmaßnahmen ergriffen werden, um eine Erhöhung der PCB Konzentration in anderen Bereichen zu vermeiden und Beschäftigte zu schützen. Es wird nach der Minimierungsverpflichtung gearbeitet, die besagt, dass das Arbeitsverhalten so zu gestalten ist, dass PCB-haltige Stäube im abgeschotteten Bereich nur so weit freigesetzt werden, wie dies nach dem Stand der Technik unvermeidbar ist. [30]

Sollte das Entfernen von Primärquellen die PCB-Konzentration in der Luft nicht dauerhaft senken können, ist zusätzlich eine Sanierung der Sekundärquellen erforderlich. Sekundärquellen können Bodenbeläge, Wände, Decken und sonstige Flächen darstellen. Eine vorgeschriebene Behandlung der Flächen gibt es hierbei nicht. Große Sekundärquellen sollten im besten Falle entfernt werden, daneben gibt es die Möglichkeit Sperranstriche oder Spezialtapeten anzubringen.

Nach Beendigung der Sanierung erfolgt eine Feinreinigung des Sanierungsbereiches, hierzu werden Oberflächen abgesaugt und feucht gereinigt. Darüber hinaus wird eine Erfolgskontrolle der Sanierungsmaßnahme nach PCB-Richtlinie durchgeführt. [29]

#### **6.1.4 Formaldehyd**

Formaldehyd gehört chemisch zur Gruppe der Aldehyde. Es ist sehr reaktiv und bei Raumtemperatur liegt es als stechend riechendes, farbloses Gas vor. Formaldehyd ist schwerer als Luft und gut in Wasser löslich. Es gehört zu den am häufigsten auftretenden Innenraumschadstoffen. [26, 31]

Formaldehyd kann durch Holzwerkstoffe, Möbel, Lacke, Farben und Klebstoffe in die Innenraumluft gelangen. In Aufenthaltsräumen stellen aminoplast-verleimte Holzwerkstoffe die Hauptquelle für Formaldehyd dar. Die behandelten Spanplatten werden zur Verkleidung von Wänden, Decken und Böden genutzt. Außerdem kommen sie bei Türen und Möbeln zum Einsatz. [26]

Bei Holzplatten, die mit formaldehydhaltigen Leimen behandelt sind, kann das Formaldehyd teilweise wieder freigesetzt und vom Menschen aufgenommen werden. 2004 hat die Internationale Krebsforschungsbehörde IARC Formaldehyd als krebserzeugend für den Menschen eingestuft. [32]

Im Jahr 1977 wurde vom damaligen Bundesgesundheitsamt (BGA) für die Formaldehydkonzentration in Innenräumen ein Richtwert festgelegt. Dieser liegt bei 0,1 ppm, was ca. 0,124 mg Formaldehyd pro m<sup>3</sup> Raumluft entspricht. Raumluftwerte unter diesem Richtwert haben praktisch keine krebserzeugende Wirkung mehr. Wird dieser Wert überschritten, sind Sanierungsmaßnahmen einzuleiten. [32] Die Maßnahmen sind abhängig von der Art und Größe der Formaldehydquelle, der Höhe der Raumluftkonzentration, der Art der Raumnutzung sowie der Einbausituation. Um die Formaldehydbelastung zu senken bis die dauerhaften Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden, können als vorläufige Maßnahmen die Bedingungen des Raumklimas verändert werden. Dies kann durch Absenkung der Raumtemperatur oder der Luftfeuchte realisiert werden. Regelmäßiges Stoßlüften kann sich ebenfalls positiv auf die Formaldehydkonzentration in der Innenraumluft auswirken.

Das Ziel bei Sanierungen formaldehydbelasteter Gebäude ist es, die Formaldehydkonzentration dauerhaft auf unter 0,05 ppm zu senken. Dafür kommen 4 wesentliche Methoden für die Sanierung in Betracht: [26]

- Entfernung der Formaldehydquellen
- Bekleidung der Quellen mit formaldehyddichten Folien
- Bekleidung der Quellen mit Schafwollvlies
- Abdichtung der Quellen mit speziellen Anstrichen

### 6.1.5 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Bei polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen handelt es sich um eine Sammelbezeichnung für aromatische Einzelverbindungen. Sie bestehen aus zwei bis sieben miteinander verknüpften Ringen aus Kohlenstoffatomen. Diese Einzelverbindungen entstehen, wenn organische Materialien wie beispielsweise Öl, Holz oder Kohle, unvollständig verbrannt werden. [12]

Im Baubereich kommt PAK vor allem in Steinkohleteerprodukten vor. Steinkohleteer weist einen besonders hohen PAK-Gehalt auf, wohingegen Erzeugnisse aus Bitumen einen vergleichsweise geringen Gehalt an PAK aufweisen. Einsatzbereiche waren beispielsweise teerhaltige Klebstoffe unter Holzparkett, Asphalt-Fußbodenbeläge oder bituminierte Dichtungsbahnen. [30]

PAK können über direkten Kontakt mit der Haut aufgenommen werden, aber auch an Staubpartikel gebunden in die Atemwege gelangen. Besonders bei langfristiger Aufnahme können sie Krankheiten verursachen. Viele Vertreter dieser Stoffgruppe sind stark krebserzeugend. [33] Außerdem können bei Kontakt mit PAK Symptome wie Hautentzündungen, Atembeschwerden, Kopfschmerzen, Erbrechen, Fieber und Schwindel auftreten. [34]

Um PAK-haltige Parkettkleber gesundheitlich zu bewerten und festzustellen, ob Sanierungsmaßnahmen notwendig sind, wurden im Jahr 2000 von der ARGEBAU die PAK-Hinweise erarbeitet. Es handelt sich bei den Hinweisen um einen Leitfaden für die Bewertung von PAK-Belastungen sowie für die Einschätzung, welche Maßnahmen zur Minderung notwendig sind und welche Schutzmaßnahmen dabei beachtet werden müssen. Im ist die Vorgehensweise in einem Ablaufschema dargestellt. [33]

Nach der ARGEBAU (2000) kommen zur Verminderung der PAK-Belastung in Räumen, in denen Parkettböden mit Teerklebstoffen verlegt sind, folgende Gruppen von Maßnahmen in Betracht:

- Verschließen von Fugen und Neuversiegelung des Parkettbodens
- Abdichten mit einem neuen Bodenbelag
- Entfernen des Parkettbodens und Absperren des Teerklebstoffs
- Entfernen des Parkettbodens und des Teerklebstoffs

PAK-haltige Materialien sollten stets mit staubarmen Verfahren entfernt werden. Um die Schadstoffkonzentration so gering wie möglich zu halten, sollen soweit möglich nur Arbeitsgeräte mit Absaugung verwendet werden. Zur Vermeidung von Staubverschleppungen soll der Arbeitsbereich auch während der Arbeiten regelmäßig gereinigt werden; zudem ist das Material vor dem Zusammenkehren von nicht aufsaugbaren Resten anzufeuchten. Während der Arbeiten müssen die Beschäftigten



Atemmasken, Schutzanzüge und Handschuhe tragen. Die Arbeitskleidung ist nach dem Arbeitsende abzulegen und getrennt von der Straßenkleidung aufzubewahren. [33]

#### **6.1.6 Holzschutzmittel**

Durch das vermehrte Bauen mit Holz kam es besonders in den 1960er Jahren zum Einsatz von Holzschutzmitteln. Unter Holzschutz werden alle Maßnahmen verstanden, die das Holz oder aus Holz gefertigte Werkstoffe vor Zerstörung oder Wertminderung schützen sollen. [26] Nachfolgend sind die Holzschutzmittel Pentachlorphenol (PCP), Lindan und Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) genauer beschrieben.

##### **Pentachlorphenol**

Bei Pentachlorphenol handelt es sich um eine synthetisch hergestellte Chemikalie, die zu den chlorierten aromatischen Kohlenwasserstoffen gehört. In Wasser ist PCP schwer löslich, aber in organischen Lösemitteln besitzt es eine gute Löslichkeit.

In der Regel wurde PCP durch Anstriche auf die Oberfläche von Holz aufgetragen. Allerdings ist es im Holz ungleichmäßig verteilt. Die höchsten Konzentrationen treten nahe der Oberfläche auf; mit zunehmender Holztiefe nimmt die PCP-Konzentration ab. Ab den 1945er Jahren begann die industrielle Herstellung von PCP und es wurde in großem Umfang als Fungizid verwendet. [26]

##### **Lindan**

Lindan gehört ebenfalls zur Gruppe der chlorierten aromatischen Kohlenwasserstoffe. Es wurde in Holzschutzmitteln wegen der fungiziden Wirkung häufig zusammen mit PCP eingesetzt, um einen umfassenden Schutz des Holzes zu erreichen. Lindan wurde durch Anstriche auf die Oberfläche des Holzes aufgetragen und ist meist in einer niedrigeren Konzentration als PCP im Holz enthalten. Es diffundiert zur Oberfläche des behandelten Materials und geht von dort in die Raumluft über. Durch die Raumluft kann der Schadstoff auch an andere Oberflächen gelangen und sich dort festsetzen. [26]

##### **DDT**

Bei Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) handelt es sich um eine synthetisch hergestellte Chemikalie. Seit 1939 wurde sie weltweit als Insektizid und Holzschutzmittel eingesetzt. DDT wird von der Umwelt nur äußerst langsam abgebaut. Es ist erbgutverändernd und steht im Verdacht, Krebs zu erzeugen.

Die Beseitigung und Sanierung von Holzschutzmitteln hat das Ziel, die Belastung der Innenraumluft und die Aufnahme der holzschutzmittelhaltigen Wirkstoffe zu senken, im besten Fall zu eliminieren.

Bei der Sanierung steht das Entfernen der holzschutzmittelbelasteten Bauteile im Vordergrund. Je nach Eindringtiefe der Wirkstoffe in die Holzbauteile kann es ausreichen, die belasteten Oberflächen zu entfernen. Auch eine Beschichtung oder Bekleidung der belasteten Oberflächen ist möglich. Dafür kommen verschiedene Lacke oder auch diffusionsdichte Materialien in Frage. Bei der Sanierung von Holzschutzmitteln dürfen keine Bearbeitungen mit Hitze durchgeführt werden. Zudem sind möglichst staubarme Verfahren zu wählen und die Arbeitsbereiche auch während der Sanierung regelmäßig zu reinigen. Der direkte Kontakt mit den belasteten Materialien ist durch das Tragen von Arbeitskleidung wie z.B. Schutzbrillen, -anzügen oder Handschuhen zu vermeiden. [26]

#### **6.1.7 Schwermetalle**

Metalle besitzen eine hohe elektrische sowie thermische Leitfähigkeit und können eine Vielzahl von Verbindungen eingehen. Außerdem sind sie dehn- und formbar. Unter Schwermetallen werden Me-

talle verstanden, die eine Dichte von über 5 g/cm<sup>3</sup> besitzen. Dazu zählen unter anderem Blei, Zink, Kupfer, Nickel und Chrom. [26]

Schwermetalle können im Bau in einer Vielzahl von Formen vorkommen, in den Gebäuden der Baujahre 1960 bis 1970 beispielsweise als bleihaltige Trinkwasserrohre. Aber auch in Pigmenten von Farben und Lacken befinden sich Schwermetalle. Blei kommt häufig als Bleiweiß in hellen oder weißen Farben und Zink in gelben Farbpigmenten vor. Blei wurde außerdem für Kabelummantelungen, als Stabilisator in PVC und in Beschichtungen von Türen eingesetzt. [12]

Schwermetalle belasten den menschlichen Organismus sowie die Umwelt, da sie biologisch nicht abbaubar sind. Stäube, die schwermetallhaltig sind, gelangen beispielsweise durch den Abrieb von Farben oder Lacken in die Innenraumluft. Blei gilt als ein starkes Umweltgift. Vom Menschen kann es durch Inhalation oder aber auch direkt, beispielsweise durch das Trinken von Wasser aus bleihaltigen Leitungen, aufgenommen werden. Symptome einer Bleivergiftung sind u.a. schmerzhafte Koliken, Blutarmut, Leber- und Nierenschäden. [35]

Die Belastung in Innenräumen durch Schwermetalle wird als eher gering eingeschätzt, solange die belasteten Materialien nicht durch Nutzung abgerieben werden. Bei der Sanierung von schwermetallbelasteten Bauteilen werden die primären Quellen ausgebaut und entfernt. Sekundäre Schadstoffquellen müssen gründlich gereinigt werden. Besonders bei der Entfernung von Anstrichen ist ein Konzept zum Schutz der Arbeiter notwendig. Die BG BAU hat Schutzmaßnahmen zum Umgang mit Lacken und Farben aufgestellt.

#### 6.1.8 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Die Abkürzung VOC steht für "volatile organic compounds". Dabei handelt es sich um kohlenstoffhaltige Verbindungen, die schnell verdunsten. Deshalb spricht man von "flüchtigen" Verbindungen. Zur Gruppe der VOC zählen insgesamt etwa 200 Einzelsubstanzen, die sehr unterschiedliche Eigenschaften besitzen. Die Siedetemperaturen der einzelnen Substanzen liegen zwischen 50 und 260 °C. [26]

Zu den typischen VOC zählen Lösemittel. Sie dienen dazu flüssige, feste oder gasförmige Stoffe in Lösungen zu halten und streich- oder sprühfähig zu machen. Verwendet werden sie beispielsweise für Klebstoffe, Grundierungen, Lacke, Farben und Bodenbeläge. Dadurch, dass VOC schon bei geringen Temperaturen verdampfen, bleiben sie nach der Verarbeitung von beispielsweise Farben und Lacken nicht in den Produkten gebunden, sondern werden in Gasform an die Innenraumluft abgegeben. [26]

VOC sind aber nicht nur in Lösemitteln oder anderen bauchemischen Substanzen zu finden, sondern kommen auch natürlich vor. Zum Beispiel zählen Terpene ebenfalls zur Gruppe der flüchtigen organischen Substanzen. Terpene kommen natürlicherweise in Holz vor. [20] Auch die natürlich vorkommenden flüchtigen Substanzen können zu erhöhten VOC-Konzentrationen in der Innenraumluft führen. Da bei Aufstockungen häufig Holz verbaut wird, kann die Raumluftbelastung durch die leicht flüchtigen Substanzen Gefahren bergen. [36]

Über die Wirkung von einzelnen VOC und ihre Konzentrationen in Innenräumen sind oft nicht genügend Informationen vorhanden. Sie werden vom Menschen über die Raumluft durch die Nasen- und Augenschleimhäute aufgenommen und reizen diese. Mit steigender Konzentration steigt allerdings die Wahrscheinlichkeit für gesundheitliche Beschwerden. Es können Symptome wie Schleimhautreizungen, Ermüdungserscheinungen, Kopfschmerzen und Geruchsprobleme auftreten. Die Dämpfe von VOC können aber auch die Funktionen von Leber und Niere sowie das Nervensystem stören und langfristig sogar Krebs erzeugen.

Die Sanierung von VOC-haltigen Bauteilen ist davon abhängig welche Konzentrationen in der Raumluft erreicht werden, welche Räume betroffen sind und ob auch Geruchsbelastungen auftreten. Anfangs sollte versucht werden die Schadstoffkonzentrationen durch intensive und regelmäßige Lüftung zu senken. Ist die Lüftungsmaßnahme nicht ausreichend, müssen die Quellen der VOC-Belastung ausgebaut und entfernt werden. Im Anschluss an die Sanierungsmaßnahmen ist durch Kontrollmessungen zu prüfen, ob die Maßnahmen erfolgreich waren. [26]

## 6.2 Baualtersklassen und ihre typischen Schadstoffe

### 6.2.1 Baujahr 1949 – 1957

Der Anfang der 1950er Jahre ist geprägt durch den Wiederaufbau nach dem zweiten Weltkrieg. Es herrschte akute Knappheit an Wohnungen, welchem durch einen schnellen Wiederaufbau entgegen gewirkt werden sollte. Aufgrund der Baustoffknappheit und der großen Anzahl der durch den Krieg zerstörten Bauten wurden größtenteils Trümmerteilmaterialien verwendet. Wegen der Knappheit an geeigneten Baumaterialien und dem großen Zeitdruck, rasch neue Wohnungen erstellen zu müssen, weisen Gebäude aus der Nachkriegszeit zudem oftmals Mängel in der Bauausführung und der Bausubstanz auf. [12]

In den 1950er Jahren werden die Außenwände meist als Mauerwerk ausgebaut. [8] Bei der Mauerwerksbauweise werden Bauwerkselemente durch das Aufeinanderschichten einzelner Steine hergestellt. Dabei kommen Natursteine oder aber auch künstlich hergestellte Steine zum Einsatz. Gebäude, die in der Mauerwerksbauweise errichtet werden, reichen von eingeschossigen Einfamilienhäusern bis hin zu fünfgeschossigen Mehrfamilienhäusern.

Bei Außenwänden aus Mauerwerk ist zwischen dem einschaligen und dem zweischaligen Mauerwerk zu unterscheiden. [12] Putzen wurde seit den 1950er Jahren oftmals PCB beigemischt, um sie elastischer zu machen. Auch asbesthaltiger Putz kam in den 1950er Jahren zum Einsatz. Für das Mauerwerk kommen Ziegel und Voll- oder Hohlblocksteine aus Beton, Bims oder Ziegelsplittbeton zum Einsatz. [8]

Ab 1950 wurden sowohl die Geschosdecken als auch die Kellerdecken größtenteils aus Stahlbeton errichtet. Die Decke zum meist ungenutzten Dachraum wurde oftmals als Holzbalkendecke ausgeführt. [32]

Als Dachform kamen in den 1950er Jahren hauptsächlich Satteldächer zum Einsatz. [8] Sie waren meist mit Ziegeln, Betonschindeln oder Wellplatten gedeckt, welche Asbest enthalten könnten. Die Sparren des Dachstuhls liegen meistens sichtbar frei. [12] Der Dachraum war meist ungenutzt und ungedämmt. [32]

Fenster und Türen sind ab 1950 meist aus Holz gefertigt worden. Dabei sind die Fenster ein- bis zweiflügelig und mit einer Einfachverglasung ausgestattet. Oftmals wurden ungeeignete und minderwertige Holzarten verwendet. [12] Die Holzfenster zu dieser Zeit waren meist deckend lackiert. Die Fugenmasse der Fensterkonstruktionen war PCB-haltig und im Zwischenraum von Fenster und Wand befinden sich häufig KMF. Fensterbänke können aus Asbestzement gefertigt worden sein und ebenfalls PCB-haltige Fugenmasse enthalten. In der Regel sind in den Häusern aus den 1950er Jahren die Originalfenster mit der Einfachverglasung heute nicht mehr vorhanden. Aufgrund von den gestiegenen Anforderungen an den Wärmeschutz wurden sie zwischenzeitlich durch Wärmeschutzverglasungen ausgetauscht. [32]

Die ab dem Jahre 1950 verwendeten Bodenbeläge können asbesthaltig sein, wie beispielsweise Floor-Flex-Platten oder Cushion-Vinyl-Beläge. Zudem wurden teilweise in den Heizungsrisen asbesthal-

tige Pappen zur Dämmung angebracht. Es wurden Parkettböden verlegt, die mit chemischen Holzschutzmitteln behandelt waren und mit PAK-haltigem Parkettkleber befestigt wurden. [32] Die Treppen zu jener Zeit können lösemittel- und schwermetallhaltige Beschichtungen sowie hohe PAK-Konzentrationen aufweisen. [12]

Bei den Sanitärinstallationen aus den 1950er Jahren kann davon ausgegangen werden, dass die Wasserleitungen fast hauptsächlich aus Blei gefertigt wurden. Außerdem bestehen die Wärmedämmungen der Wasserleitungen überwiegend aus KMF. [32]

Aufgrund von fehlenden oder mangelnden Abdichtungen an Außenwänden kann Feuchtigkeit durch das Mauerwerk eindringen und sich in der Folge Schimmel bilden. Der Schimmel entsteht beispielsweise an Tapeten oder Holzbauteilen, wenn diese an den feuchten Wänden befestigt sind oder sich in deren Nähe befinden, dies gilt beispielsweise auch für Holzfensterkonstruktionen. [12]

### 6.2.2 Baujahr 1958 – 1968

In den 1960er Jahren ist die Materialknappheit und Wohnungsnot größtenteils überwunden. Das Bauen in Deutschland ist geprägt von neuen Materialien und Konstruktionen. Innerstädtisch werden vorwiegend mehrgeschossige Gebäude erbaut. Außerhalb der Städte entstehen vermehrt Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser. [12] Für das Mauerwerk werden nun verstärkt Hohlblocksteine und Gitterziegel verbaut. Zur Steigerung der Dämmeigenschaften der Materialien wurden diesen oft Zusätze wie Holzspäne untergemischt. [8]

Seit den 1960er Jahren wurden vermehrt Gebäude aus Stahlbeton errichtet sowie Fertighäuser in der Holzbauweise. In der Regel werden die Fertighäuser auf einem massiven Keller aus Stahlbeton oder Mauerwerk errichtet. Die Außenwände bestehen aus vorgefertigten, leichten Holzbauteilen. Diese Holzkonstruktionen wurden mit HSM behandelt und durch die verwendeten Holzwerkstoffplatten ist zudem auch von einer Schadstoffbelastung durch Formaldehyd auszugehen. [32]

Die Geschossdecken wurden oftmals aus asbesthaltigem schwimmendem Estrich gefertigt. Als Trittschallschutz wurden unter dem Estrich KMF verbaut. Außerdem wurden für die Holzbalkendecken formaldehydhaltige Spanplatten verwendet. Des Weiteren können die Holzbalken der Decken asbesthaltige Steinholzestriche, PAK-haltige Teerasphaltestriche sowie schwermetall- und lösemittelhaltige Beschichtungen aufweisen. [12]

Die Dächer in dieser Zeit sind meist Sattel- oder Pultdächer und werden mit Tonziegeln oder Betondachsteinen gedeckt. [8] Die Dachbalken können mit chemischen Holzschutzmitteln behandelt worden sein. Außerdem können die Dächer PAK-haltige Bitumen- oder Steinkohleprodukte sowie künstliche Mineralfasern aufweisen. [12] Seit 1960 wurde besonders bei flach geneigten Dächern Asbestzementwellplatten verwendet. [32]

In den 1960er Jahren wurde erstmals versucht die ersten Fenster mit Wärmeschutzverglasung herzustellen. Allerdings weisen die Rahmenkonstruktionen noch sehr schlechte Dämmwerte auf, sodass es auf den inneren Fensterrahmen oftmals zu Feuchtigkeitsniederschlag und schließlich zu Schimmelbildung kommen kann. Ende der 1960er Jahre wurden die Holzrahmen vermehrt mit chemischen Holzschutzmitteln behandelt. [32] Neben den Fensterkonstruktionen aus Holz wurden ab 1960 auch Fenster mit Aluminium- oder Kunststoffrahmen produziert. Bei Türen, Fenstern und Fensterbänken aus dieser Zeit ist von PCB-belasteten Dichtungsmaterialien auszugehen. [12] Des Weiteren wurden unter Fensterbänken häufig asbesthaltige Pappen zur Wärmeisolierung eingebaut. [37]

Für die Bodenbeläge in den Innenräumen wurden Parkett und Holzpflaster verlegt. Diese wurden mit chemischen Holzschutzmitteln behandelt und mit PAK-haltigen Klebstoffen befestigt. [26] Au-

ßerdem wurden asbesthaltige Bodenbeläge wie Floor-Flex-Platten und Cushion-Vinyl-Beläge verlegt, die ebenfalls mit den PAK-haltigen Klebstoffen fixiert wurden. [38] Alle anderen ab 1950 produzierten und verwendeten PVC-Beläge mit einer Rückseite aus hellbraunem Jutefilz waren asbestfrei. [32]

In den 1960er Jahren wurden für den sanitären Bereich weiterhin Wasserleitungen aus Blei gefertigt. Allerdings sind auch vermehrt Kupfer- oder verzinkte Stahlrohre verwendet worden. Die Wärmedämmungen der Wasserleitungen bestehen weiterhin überwiegend aus KMF. [32]

Undichtigkeiten bei den Steildächern und besonders bei den Flachdächern führten dazu, dass Feuchtigkeit eindringen und Schimmel an den Dämmmaterialien und den Holzbalken bilden konnte. [12]

### **6.2.3 Baujahr 1969 – 1978**

In den 1970er Jahren wurde das Bauen zunehmend von der fortschreitenden Industrialisierung geprägt. Für das Mauerwerk kommen Lochziegel, Kalksandsteine und Betonsteine zum Einsatz. [12] Ab 1970 wurde außerdem viel darangesetzt, die Qualität des Wärmedämmstandards zu verbessern. An den Gebäuden aus den 1950er Jahren mit mangelhafter oder kaum vorhandener Wärmedämmung wurden nachträglich Vorfassaden von außen angebracht. Diese Fassaden bestanden aus einer Konstruktion aus Holz und einer dazwischenliegenden Dämmung aus KMF. Zusätzlich wurde eine Wetterschutzhülle aus Asbestfassadenplatten angebracht. [32]

Decken werden in den 1970er Jahren in der Regel als massive Betonkonstruktionen ausgeführt. [8] Für die Kellerdecken kamen häufig auch Konstruktionen aus gemauerten Ziegelsteinen zum Einsatz. Ausgleichsschüttungen über diesen Ziegeldecken können PAK- und schwermetallhaltig sein. Geschossdecken wurden 1970 oftmals auch als Holzbalkendecken errichtet. Die Schüttungen über diesen Decken können ebenfalls durch Schwermetalle oder PAK belastet sein sowie KMF enthalten. [37]

Wie auch in den 1960er Jahren kommen in den 1970er Jahren unterschiedliche Dachtypen vor. Bei Einfamilien- und Reihenhäusern kommen oftmals Sattel- oder Pultdächer vor. Bei den Mehrfamilienhäusern mit drei bis fünf Geschossen werden vermehrt Flachdächer verbaut. [8] Für die Abdichtung kommen Teer- und Bitumen-Dachbahnen zum Einsatz, welche PAK-haltig sind. Außerdem werden formaldehydhaltige Spanplatten und künstliche Mineralfasern verbaut. [12]

Die Fenster in den 1970er Jahren bestehen aus Holz-, Aluminium- oder Kunststoffrahmen. Die Fensteröffnungen werden größer und die sogenannte Isolierverglasung kommt zum Einsatz. Die Dichtungsmaterialien von Türen und Fenstern können Belastungen durch PCB aufweisen. [12]

Auf Böden und Treppen kann Parkett verlegt sein, welches mit teerhaltigem Bitumenkleber fixiert ist. Seit Mitte der 1970er Jahre wurde Teerklebstoff in Deutschland nicht mehr produziert. Um ihn weiterhin einsetzen zu können, musste er aus dem Ausland importiert werden. [32] Diese teerhaltigen Kleber können PAK-belastet sein. Küchen und Badezimmer wurden gefliest oder mit weichmacherhaltigen PVC-Bodenbelägen belegt. [12]

Noch bis Anfang der 1970er Jahre wurde für die Herstellung von Wasserleitungen Blei verwendet. Erst ab 1973 wurden in Deutschland keine bleihaltigen Rohre mehr verbaut. Gedämmt wurden die Leitungen aber weiterhin mit KMF. [32]

### **6.2.4 Baujahr 1979 – 1983**

Seit dem Ende der 1970er Jahre hat sich das Bauen technisch sehr weiterentwickelt. Im Jahre 1978 wurde die erste Wärmeverordnung eingeführt, die erstmals Grenzwerte für Wärmeverluste vorgab. Durch neue Baustoffe und Bauweisen konnten die Dämmungen der Außenwände verbessert und so

die vorgegebenen Grenzwerte eingehalten werden. [12] Zu Beginn der 1980er Jahre wurden für das Mauerwerk verputzte Gitterziegel, Porenbeton und Kalksandlochsteine verbaut. [8] Im Jahre 1979 wurde in der Bundesrepublik der Einsatz von Spritzasbest beispielsweise für den Brandschutz in Fassadenbauteilen verboten. [34]

Formaldehydhaltige Holzwerkstoffe wurden weiterhin ohne Einschränkung in Außen- und Innenwänden sowie Decken und Dächern verbaut. [12]

Bis ca. 1975 wurde PCB in Dichtstoffmassen verwendet. 1978 wurde die Verwendung von PCB-haltigen Fugenmassen für z.B. Fenster- oder Türrahmen verboten. Die Verwendung von asbesthaltigen Brandschutztüren war bis 1981 zulässig. Verbaut wurden sie allerdings weiter bis ins Jahr 1991. [32] Bis in die 1980er Jahre wurden Bleicarbonate und Bleisulfate in den Farben für Holz und Metalle eingesetzt. [34]

Besonders in den 1960er und 1970er Jahren wurden bei holzverkleideten Heizkörpernischen oder bei Holzfensterbänken, die sich über Heizkörpern befanden, asbesthaltige Pappen angebracht. Diese Asbestpappen sollten das Holz vor Verformungen durch die vom Heizkörper ausgestrahlte Wärme schützen. Ab 1981 war der Einsatz der asbesthaltigen Pappen nicht mehr zulässig. [32]

### 6.2.5 Baujahr 1984 – 1994

Gegen Ende der 1980er Jahre und Anfang der 1990er Jahre werden für das Mauerwerk Porenbeton, Kalksandsteine und porosierte Ziegel verbaut. [8]

Im Jahre 1986 wurde die Verwendung von PCP-haltigen Holzschutzmitteln in Innenräumen verboten. Für Außenmauern war der Einsatz von PCP noch bis 1989 erlaubt. [34]

Nachdem im Jahre 1979 die Verwendung von Spritzasbest verboten worden war, folgte 1984 das Verbot der Verwendung einer Vielzahl von schwach gebundenen Asbestprodukten. Dazu zählten beispielsweise die Asbestpappe an Fensterbänken oder Heizkörpernischen sowie Platten aus Asbest oder asbesthaltige Dichtungsmassen. [34] Bereits 1980 wurde die Herstellung der Floor-Flex-Platten unter Verwendung von Asbest eingestellt. Ab 1992 wurden Faserzementprodukte für den Hochbau nur noch asbestfrei hergestellt und eingebaut. [32]

Nachdem im Jahre 1983 die Produktion von PCB in Deutschland eingestellt worden war, wurden 1989 schließlich auch die Verwendung und das Inverkehrbringen von PCB-haltigen Erzeugnissen verboten. Davon betroffen waren unter anderem Fugenmassen, Beschichtungen und Dichtungsmaterialien. [34]

Im Jahre 1986 trat die erste Gefahrstoffverordnung in Kraft. Seit dieser Zeit dürfen formaldehydhaltige Bauteile nur noch in den Verkehr gebracht werden, wenn sie einen Emissionswert von 0,1 ppm oder kleiner einhalten. [32]

In Heizungsanlagen wurden bis in die 1980er Jahre an verschiedenen Stellen asbesthaltige Bauteile verwendet. Dazu zählen beispielsweise Rohrleitungen, Abgassysteme und Dämmungen. [32]

## 6.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Den Umgang mit Schadstoffen regeln diverse rechtliche Rahmenbedingungen auf unterschiedlichen Ebenen. Dazu gehören das Abfallrecht, das Arbeitsschutzrecht sowie das Chemikalienrecht. Diese werden im Folgenden kurz erläutert und gängige Vorschriften aus den verschiedenen Rechtsgebieten werden vorgestellt. Neben den im Folgenden allgemein gültigen Bestimmungen bestehen für den Umgang mit Schadstoffen einzelne Regelwerke, die vorher beschrieben wurden.

### 6.3.1 Abfallrecht

Der Zweck der Abfallgesetzgebung in Deutschland ist es, die Kreislaufwirtschaft zu fördern, um die natürlichen Ressourcen zu schonen und Mensch und Umwelt beim Umgang mit Abfällen zu schützen. [40] Im Folgenden werden das Kreislaufwirtschaftsgesetz und die Deponieverordnung beschrieben.

### 6.3.2 Kreislaufwirtschaftsgesetz

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) ist das zentrale Bundesgesetz zum Abfallrecht. Seine Ziele sind die Schonung der natürlichen Ressourcen, Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen zu schützen und das Aufkommen von Abfällen deutlich zu reduzieren.

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz führt dafür eine Stufenfolge zu Maßnahmen im Umgang mit Abfällen ein. Um das Abfallaufkommen zu verringern, sollen Abfälle demnach zunächst vermieden, zur Wiederverwendung vorbereitet, recycelt oder sonstig verwertet werden. Erst wenn alle diese Maßnahmen ausgeschöpft sind, wird die Beseitigung der Abfälle durch Deponierung oder Verbrennung in Betracht gezogen.

Die Verantwortlichkeit der fachgerechten Entsorgung von Abfällen, auch von gefährlichen Abfällen, liegt beim Bauherrn. Dies ist im Kreislaufwirtschaftsgesetz §22 geregelt „Die zur Verwertung und Beseitigung Verpflichteten können Dritte mit der Erfüllung ihrer Pflichten beauftragen. Ihre Verantwortlichkeit für die Erfüllung der Pflichten bleibt hiervon unberührt und so lange bestehen, bis die Entsorgung endgültig und ordnungsgemäß abgeschlossen ist. Die beauftragten Dritten müssen über die erforderliche Zuverlässigkeit verfügen.“

### 6.3.3 Deponieverordnung

Im Jahre 1999 wurden die europäischen Deponierichtlinien verabschiedet. Sie regelten die umweltfreundliche Ablagerung von Abfällen auf Deponien. Zum 16. Juli 2009 sind diese Richtlinien ausgelaufen. Von da an sollten alle in Europa betriebenen Deponien gemeinsamen Anforderungen entsprechen oder stillgelegt werden. Dazu wurden verschiedene Regelungen und Vorschriften, die für den Betrieb von Deponien und den umweltfreundlichen Umgang mit Abfällen, aufgestellt wurden, vereinfachend zu einer einzigen Deponieverordnung zusammengefasst.

### 6.3.4 Arbeitsschutzrecht

Bei Baumaßnahmen ist es von grundlegender Bedeutung, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten während der Arbeit zu gewährleisten. Bereits von Anfang an müssen Gefährdungen vermieden und Schutzmaßnahmen ergriffen werden. [34] Dazu sind Gefährdungsbeurteilungen zu erstellen und anschließend die entsprechenden Vorkehrungen einzuleiten. Gesetzliche Grundlage des Arbeitsschutzrechts bildet das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), welches die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten sichert und verbessert. [26] Ergänzt und konkretisiert wird das Arbeitsschutzgesetz in Bezug auf Schadstoffe durch diverse Verordnungen wie die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), die Biostoffverordnung (BioStoffV) oder die Baustellenverordnung (BaustellV). Die Gefahrstoffverordnung regelt die Einordnung, Kennzeichnung und Verpackung von gefährlichen Stoffen und Gemischen und legt Schutzmaßnahmen für den Umgang mit Gefahrstoffen fest. Die Biostoffverordnung definiert Maßnahmen, die die Beschäftigten vor biologischen Gefährdungen schützen sollen. Die Baustellenverordnung soll zu einer Verbesserung von Gesundheit und Sicherheit im Bauablauf führen.

### 6.3.5 Chemikalienrecht

Wesentlicher Bestandteil des Chemikalienrechts in Bezug auf Schadstoffe von Bestandsgebäuden stellen die CLP-Verordnung sowie die REACH-Verordnung dar. Diese werden durch weitere Vorschriften wie beispielsweise die Biozid-Verordnungen, die Decopaint-Richtlinie und die POP-Verordnung ergänzt. Die CLP-Verordnung (Classification, Labelling and Packaging) gibt europaweit vor, wie Gemische und Stoffe eingestuft, gekennzeichnet und verpackt werden müssen. [26] Die REACH-Verordnung (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) regelt die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von chemischen Stoffen, hierbei müssen in der Registrierung Angaben bezüglich der Risiken für Mensch und Umwelt gemacht werden. [26]

## 6.4 Schadstoffuntersuchungen

In den nachfolgenden Abschnitten werden, basierend auf der Richtlinie der VDI/GVSS 6202 Blatt 1 „Schadstoffbelastete bauliche und technische Anlagen“ - Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten -, die einzelnen Bearbeitungsschritte von der Bestandsaufnahme über die technische Erkundung bis zur Erstellung eines Schadstoffkatasters aufgezeigt. Wichtig ist anzumerken, dass bei Aufstockungs- und Erweiterungsmaßnahmen jeweils der Teil Abbruch von bestehenden Gebäudeteilen als Verwertung der Schadstoffe anzusehen ist und die Sanierung des bestehenden Gebäudes davon unabhängig geregelt wird.

### 6.4.1 Bestandsaufnahme und Erstbewertung des Projekts

Bei der Betrachtung von Bestandgebäuden ist das Wissen über die verwendeten Baustoffe und die vorhandenen Schadstoffe in der Regel meist ungenügend. Oft wird sich die Frage nach der Qualität und Quantität des Objektes erst im Zuge von geplanten Maßnahmen (Rückbau oder Sanierung) gestellt. Dabei können gerade diese Informationen schon weit vorher gesammelt und erfasst werden. Als erster Bearbeitungsschritt ist eine fundierte Grundlagenermittlung und damit einhergehende Erstbewertung über den Zustand des Gebäudes also besonders wichtig. Hierbei lassen sich wie zuvor beschrieben insbesondere durch die Baualtersklasse des untersuchten Gebäudes Rückschlüsse auf mögliche Schadstoffbelastungen ziehen.

Zunächst ist eine Grundlagenermittlung über das Gebäude durchzuführen, dazu können nach [51] folgende Planungsunterlagen zu Hilfe gezogen werden, die Rückschlüsse auf mögliche Belastungen zulassen:

- Bestands- und Katasterpläne,
- Bauunterlagen,
- Unterlagen zu Umbau-,
- Renovierungs-,
- Instandhaltungsmaßnahmen,
- Unterlagen zur historischen Nutzung (Altlastenkataster)
- und Firmenarchive für die Ableitung möglicher Verdachtsmomente hinsichtlich kritischer Baustoffe, nutzungsbedingten Verunreinigungen und Hinweise zu besonderen Vorkommnissen (Kriegseinwirkungen, Brandschäden, Schadensfälle etc.).

Sollten keinerlei Altunterlagen zur Verfügung stehen, ist eine Ortsbesichtigung in der ersten Phase zwangsläufig notwendig. Hierbei folgt eine visuelle Aufnahme des Objekts, um entweder Verdachtsmomente zu bestätigen oder generell zu erheben. Sinnvoll ist es, bei der Ortsbegehung vertraute



Personen mit einzubeziehen, da somit ggf. Hinweise zur Nutzung sowie zu Umbau-, Renovierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen geliefert werden könnten.

#### 6.4.2 Technische Erkundung

In Deutschland existiert keine gesetzlich verankerte Erkundungspflicht jedoch lässt sich indirekt in zahlreichen Regelwerken und Verordnungen diese Aufgabe ableiten. In der TRGS 524 (Technische Regeln für Gefahrstoffe: Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen) heißt es in Abschnitt 3.2.1 beispielsweise, dass der Auftraggeber aufgrund seiner Verpflichtungen aus § 17 Abs. 1 Satz 2 der Gefahrstoffverordnung, § 2 Abs. 1 und 3 in Verbindung mit § 4 der Baustellenverordnung und gegebenenfalls anderer Rechtsvorschriften zu ermitteln hat, ob in den an den Auftragnehmer zur Bearbeitung übergebenen Materialien Gefahrstoffe enthalten sein können. [39] Somit sind versteckte Vorgaben gerade mit Blick auf den Arbeitsschutz in vielen Dokumenten zu finden. In dem zweiten Bearbeitungsschritt ist die technische Erkundung grundsätzlich abhängig von der Aufgabestellung. Für den Teil der Aufstockungsmaßnahme, der abgebrochen wird, sind in der Regel andere Schadstoffquellen, wie beispielsweise Asbesthaltige Faserplatten, von Interesse. Hierbei sollte ein Entsorgungskonzept geplant und erstellt werden. Der Teil der Sanierung stehen darüber hinaus Schadstoffquellen, die die Innenraumluft belasten, im Vordergrund.

Die technische Erkundung wird durch eine Begehung des Gebäudes durchgeführt. Hierbei wird nach möglichen Schadstoffbelastungen im Gebäude gesucht und Verdachtsmomente in Form eines Plans festgehalten. Daraufhin werden die Verdachtsmomente in einer Tabelle zusammengefasst und es wird ermittelt, welche Stellen einer Schadstoffanalyse unterzogen werden sollten.

Bevor die Entnahmen der Proben durchgeführt werden, muss auf Grundlage der Ergebnisse der Bestandsaufnahme und der Erstbewertung ein Untersuchungsprogramm aufgestellt werden. In diesem werden der Ort, die Art und der Umfang der Probenahme sowie die Anzahl der zu nehmenden Proben festgehalten. Während dieser Planung muss immer wieder Rücksprache mit dem Auftraggeber gehalten werden. [2]

Bei der Durchführung der Probenahme ist stets darauf zu achten, dass sowohl der Arbeitsschutz des technischen Personals als auch der Schutz der Umgebung gewährleistet ist. Es ist ein Arbeits- und Sicherheitsplan (A+S-Plan) gemäß DGUV Regel 101-004 für die technische Erkundung aufzustellen. Er behandelt hauptsächlich den Umgang mit und die Gefährdung durch die vorhandenen oder vermuteten Gefahrstoffe. Außerdem legt er konkret die zu treffenden Schutzmaßnahmen fest, um die Beschäftigten bestmöglich zu schützen.

Die Probeentnahme kann für verschiedene Schadstoffe unterschiedlich durchgeführt werden, siehe dazu die Tabelle 41.

Tabelle 41 Möglichkeiten zur Probenentnahme für verschiedene Schadstoffe

Schadstoff	Probenahme				Regelwerke, Handlungsanleitungen zur Probenahme
	Material	Raumluftmessung	Staub	Nase	
Asbest	x	x	x		Faser-Raumluftmessungen gem. VDI-Richtlinie 3492, Staub Abtupfproben gem. VDI-Richtlinie 3877 Blatt 1
KMF	x	(x)	(x)		Faser-Raumluftmessungen gem. VDI-Richtlinie 3492
PCB	x	x			Raumluftmessungen gem. VDI-Richtlinie 4300 Blatt 2
Formaldehyd		x		(x)	Raumluftmessungen gem. VDI 4300 Blatt 3 (zurückgezogen) Ersatz: DIN EN ISO 16000-2
PAK	x	x	x	(x)	PAK-Hinweise für Hausstaub Raumluftmessungen gem. DIN EN ISO 16000-5
Holzschutzmittel	x	x	x		Raumluftmessungen gem. VDI-Richtlinie 4300 Blatt 4
VOC		x		(x)	Raumluftmessungen gem. VDI 4300 Blatt 6 (zurückgezogen) Ersatz: DIN EN ISO 16000-5

### 6.4.3 Schadstoffkataster

Nach der Ausarbeitung der historischen Erhebung, der Ortsbegehung und den im Zuge der technischen Erkundungen erhaltenen chemischen Analysen der entnommenen Bausubstanzproben ist in einem dritten Bearbeitungsschritt das Schadstoffkataster aufzustellen.

Dabei sollte folgender Mindestumfang enthalten sein: (VDI 6202)

- Beschreibung des Objekts,
- Nutzungsgeschichte,
- Lageplan inklusive Probenahmestellen,
- Aussagen zur räumlichen Verteilung der Schadstoffbelastung,
- Probenahmeprotokolle,
- Analysenergebnisse und
- Fotodokumentation.

Aus dem Schadstoffkataster soll ebenfalls hervorgehen, ob bei späteren Tätigkeiten Gefährdungen für die Beteiligten zu erwarten sind. Das Kataster ist bei jeglichen Änderungen am Objekt anzupassen. Die im Zuge der technischen Erkundung nachgewiesenen Schadstoffe sind bei der Erstellung der Entsorgungsplanung (Entsorgungskonzept mit Abfalldeklaration) ebenfalls zu berücksichtigen. In der VDI/GVSS-Richtlinie 6202 findet sich ein Muster für die Erstellung eines Schadstoffkatasters.



## 7 Ökologische Bewertung

### 7.1 Allgemeine Grundlagen

Um die ökologische Qualität und Wirkungen eines Produktes oder eines Produktsystems auf die Umwelt abschätzen zu können, gibt es die Möglichkeit eine ökologische Bilanzierung zu erstellen. Diese wird nach DIN EN ISO 14040:2009 als „Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potentiellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges“ definiert. Ziel ist es Ströme, die dem Produkt während seines Lebenszyklus zugeführt werden oder die vom System abgehen werden, darzustellen und mögliche Verbesserungen daran durchzuführen. [39]

Da Gebäude durch ihre Größe und der Masse an verbauten Materialien eine große Wirkung auf die umgebende Umwelt besitzen, bieten sich im Gebäudebereich viele Möglichkeiten, ökologisch zu bilanzieren. Ziel ist es hierbei immer den gesamten Lebenszyklus der Gebäude von der Herstellung der einzelnen Komponenten bis zum Abriss und der Entsorgung bzw. der Wiederverwertung der Materialien abzubilden.

Der Rahmen einer Ökobilanz besteht aus den nach DIN EN ISO 14040 definierten Phasen, der Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens, der Sachbilanz, der Wirkungsabschätzung sowie der Auswertung der Ökobilanz.

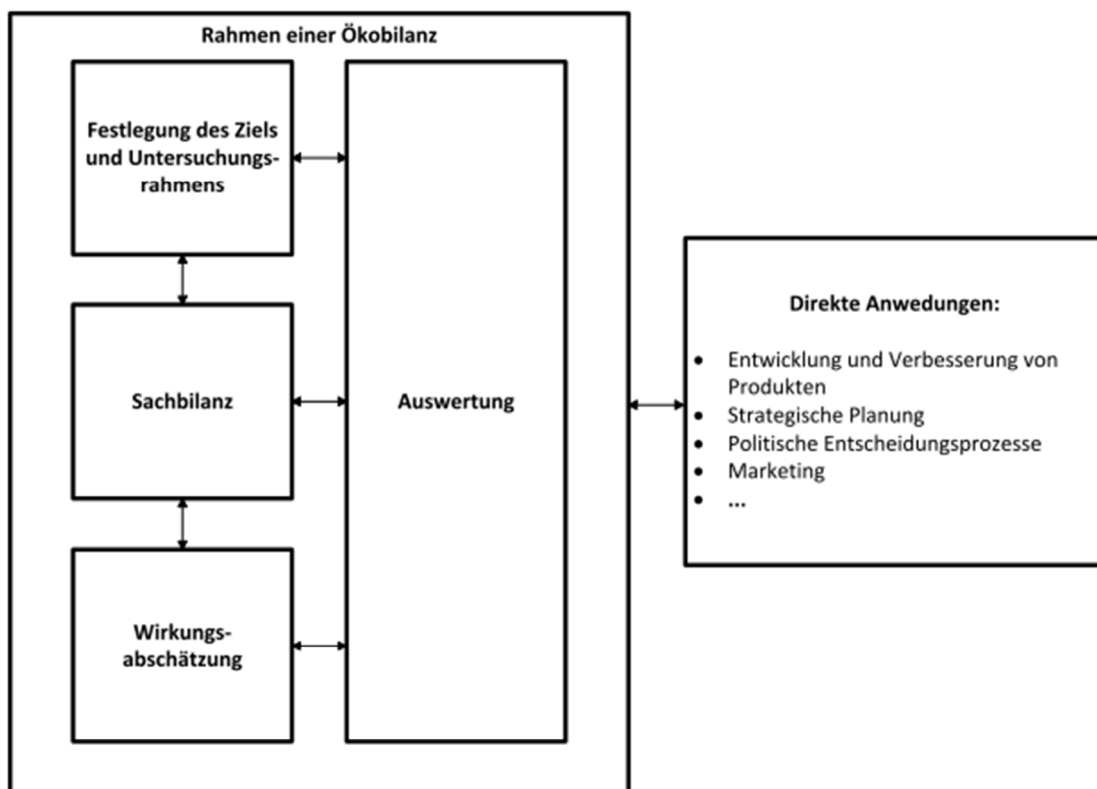


Abbildung 26 Rahmen einer Ökobilanz nach DIN 14040 [39]

Die erste Phase beschreibt die Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens. Das Ziel beinhaltet die beabsichtigte Anwendung, Gründe für die Erstellung der Bilanz und mögliche Zielgruppen, für die die Bilanz erstellt wird. Der Untersuchungsrahmen besteht aus folgenden Punkten:

- Erläuterung des Produktsystems,
- Beschreibung der Funktion des Systems,
- Festlegung der funktionellen Einheit,
- Beschreibung der Systemgrenzen,
- Allokationsverfahren,
- Festlegung der zu untersuchenden Wirkungskategorien und
- Beschreibung der Anforderungen an die Daten, Annahmen und Einschränkungen.

In der Sachbilanzphase werden Daten erhoben und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der relevanten Input- und Outputflüsse ermittelt. Diese Daten werden in der Regel bei Bauprodukten durch Datenbanken von bereits berechneten Bauprodukten abgedeckt.

Die dritte Phase einer Ökobilanz ist die Wirkungsabschätzung. Es werden auf Basis der in der Sachbilanzphase ermittelten Daten die gesamten Umwelt- und Ressourcenauswirkungen des Systems abgeschätzt. Hier werden die Input- und Outputgrößen mit Wirkungsindikatoren verknüpft, sodass eine Auswertung dieser möglich ist. Wirkungsindikatoren werden für Bauprodukte in den Normen DIN EN 15804 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen“ und DIN EN 15978 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Berechnung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden“ festgelegt. Wirkungsindikatoren sind Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkungen, des Ressourceneinsatzes, der Abfallbehandlung oder sonstiger Umweltinformationen, die Output-Stoffflüsse beschreiben. [40]

In der vierten und letzten Phase, der Auswertungsphase, werden die Ergebnisse, bezogen auf den zuvor erstellten Untersuchungsrahmen, zusammengefasst und Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Entscheidungshilfen erstellt.

## 7.2 Ökobilanz Gebäude

Das Erstellen von ökologischen Bilanzierungen lässt sich unter der Zuhilfenahme einiger allgemeingültiger Festlegungen auch auf Gebäude übertragen. Zu untersuchende Systeme können die einzelnen Bauprodukte, Konstruktionen aus mehreren Bauteilen oder das gesamte Gebäude an sich sein, wobei sich diese im sogenannten bottom-up-Ansatz jeweils aus den kleineren Systemen zusammensetzen.

Ökobilanzen im Gebäudebereich werden durch die Normen DIN EN 15978 „Nachhaltigkeit von Bauwerken“ Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden“ abgedeckt. Diese darin beschriebenen Vorgehensweisen beruhen auf den Grundannahmen der DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044. [41]

Ökologische Bilanzierungen dienen in der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden dazu, die ökologische Qualität von Bauwerken abschätzen zu können und gegebenenfalls Verbesserungsmöglichkeiten zu finden. Die in Deutschland gängigsten Nachhaltigkeitsbewertungssysteme stellen die Bewertung nach Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat - Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) - und die Bewertungsmethodik nach Deutscher Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) dar, für Wohngebäude existiert das Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau

(NaWoh). Darüber hinaus gibt es weitere international gängige Bewertungssysteme wie etwa die Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) oder die Bewertung nach Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Auch für Sanierungsmaßnahmen bieten diese Bewertungssysteme Rechenregeln an, die zum Teil auch für die ökologische Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen verwendet werden können. Allerdings sind hier einige Besonderheiten zu beachten, diese werden in den folgenden Kapiteln genauer beschrieben.

Die umweltbezogenen Auswirkungen werden in Ökobilanzen auf Wirkungskategorien bezogen. Die durch das System entstehenden Umweltwirkungen können entweder dem System zugeführt oder vom System abgegebene Wirkungen sein. Im Folgenden werden die innerhalb der Bewertungssysteme am häufigsten untersuchten Auswirkungen kurz beschrieben.

### 7.2.1 Wirkungskategorien

Wirkungskategorien beschreiben die Umweltwirkungen durch das Gebäude. Sie unterscheiden sich in dem System zugefügte Ströme (Input-Größen) wie beispielsweise Energie zur Herstellung und vom System abgegebene Ströme (Output-Größen) wie etwa die Freisetzung von Treibhausgasen. DIN EN 15804 legt die zu untersuchenden Umweltwirkungen inklusive ihrer Einheiten fest. [40]

#### Parameter zur Beschreibung der Umweltwirkung

##### *Treibhauspotential kg CO<sub>2</sub>-Äq.*

Das globale Erwärmungspotential (englisch: Global Warming Potential) oder auch Treibhauspotential ist eine outputbezogene Wirkungsabschätzung und beschreibt den Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt und somit zur globalen Klimaerwärmung. In der Ökobilanzierung wird das Treibhauspotential in Kohlenstoffdioxid-Äquivalent angegeben [kg CO<sub>2</sub> -Äq.]. Das bedeutet, dass alle Treibhausgase in ihrem Wirkungsgrad auf ihren äquivalenten CO<sub>2</sub> -Wirkungsgrad der Erderwärmung bezogen werden. Da Treibhausgase unterschiedliche Verweildauern in der Atmosphäre besitzen und somit auch je nach untersuchter Dauer anders wirken, wird ihre Auswirkung in der Regel auf 100 Jahre bezogen. Eine ausführliche tabellarische Aufstellung der CO<sub>2</sub> -äquivalenten Wirkungsgrade verschiedener Treibhausgase ist in DIN EN 15804 gegeben.

##### *Ozonschichtabbaupotential kg R<sub>11</sub>-Äq.*

Das Ozonschichtabbaupotential beschreibt die Verringerung der Ozonkonzentration in der Stratosphäre. Dadurch entsteht eine erhöhte Durchlässigkeit der Sonneneinstrahlung im ultravioletten Bereich, welche unter anderem zu einer Zunahme von Hautkrebserkrankungen führen kann. Stoffe, die die Ozonschicht abbauen können, sind unter anderem Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe, die Referenzsubstanz in der ökologischen Bewertung stellt nach DIN EN 15804 Trichlorfluormethan (R<sub>11</sub>) dar.

##### *Versauerungspotential kg SO<sub>2</sub>-Äq.*

Das Versauerungspotential beschreibt den durch emittierte Luftschadstoffe erhöhten Eintrag von Säuren in Böden und Oberflächengewässer. Luftschadstoffe werden hierbei in Säuren umgewandelt und fallen als sogenannter „saurer Regen“ mit einem verringerten pH-Wert auf die Erde. Dies führt zu Schäden an Pflanzen, Böden und Gewässern.

Das Versauerungspotential wird in der Ökobilanz als Emission von Luftschadstoffen bewertet, Referenzgröße ist hierbei nach DIN EN 15804 das Versauerungspotential von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>).

##### *Überdüngungspotential kg P-Äq.*

Das Überdüngungspotential beschreibt den erhöhten Eintrag von Nährstoffen in Böden und Gewässern. Hierdurch entstehen Probleme beispielsweise durch das Wachstum von Algen, die Anfälligkeit

von Pflanzen gegenüber Schädlingen wird erhöht und es wird ein erhöhter Eintrag von Nitraten ins Grundwasser ausgelöst.

Das Überdüngungspotential wird durch Phosphor und Stickstoff aus Verbrennungsvorgängen, der Landwirtschaft oder aus Abwässern ausgelöst. Die nach DIN EN 15804 vorgeschriebene Referenzeinheit ist Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

#### *Sommersmogpotential kg Ethen-Äq.*

Das Sommersmogpotential beschreibt die Bildung von bodennahem Ozon, welches durch die Reaktion von Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen in Verbindung mit Sonnenlicht entsteht. Anders als Ozon in der Stratosphäre steht bodennahes Ozon im Verdacht, humantoxisch zu sein.

Berechnet wird das Ozonbildungspotential bezogen auf die Bildung von Ozon der Referenzsubstanz Ethen ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ).

### **Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes**

Die Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes unterteilen sich in Energien, die dem System zugefügt werden und stofflichen Ressourcen, die das System benötigt. Um veranschaulichen zu können, welche Energieströme dem System zugefügt werden, wird nach der neuen Fassung der DIN EN 15804 die Primärenergie aus ihrer Form aus erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Quellen unterteilt und es wird darüber hinaus in der Form der Nutzung als Energieträger oder zur stofflichen Nutzung weiter unterschieden. Die einzelnen Primärenergieformen werden im Folgenden kurz beschrieben. Die Einheit der Primärenergien wird innerhalb der Ökobilanz in Megajoule (MJ) angegeben.

#### *Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)*

Die Erneuerbare Primärenergie als Energieträger wird durch DIN EN 15804 als „Verwendung von erneuerbaren Primärenergieressourcen, ohne Energieressourcen, die als Rohstoff dienen“ definiert. Erneuerbare Primärenergieressourcen können Energien aus Biomasse, Wasserkraft, Windenergie, Solarenergie und Geothermie sein.

#### *Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)*

Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung wird nach DIN EN 15804 als „Verwendung von erneuerbaren Primärenergieressourcen, die als Rohstoff dienen“ definiert. Hiermit wird Biomasse beschrieben, die als Rohstoff für die Produktion von Gütern jeglicher Art sowie der direkten Verwendung in Produkten dient. Die stoffliche Nutzung unterscheidet sich von der energetischen Nutzung erneuerbarer Primärenergieressourcen dadurch, dass bei der Biomasse allein die Nutzung als Energieträger berechnet wird.

Stofflich genutzt werden vor allem Holzprodukte, die in einer sogenannten Kaskadennutzung zunächst stofflich als Bauteil eingebaut und am Ende des Lebenszyklus energetisch verwertet werden. Stofflich genutzte Energieträger werden im Rahmen der energetischen Nutzung als ein Substitutionsprodukt zur Verbrennung von abiotischen Ressourcen angesehen. Die dadurch gewonnene Energie wird in Deutschland auf die Verbrennung von Erdgas bezogen.

Die Summe der erneuerbaren Primärenergie als Energieträger und der erneuerbaren Primärenergie zur stofflichen Nutzung bildet in der Ökobilanz den Indikator Total erneuerbare Primärenergie (PERT).



### *Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)*

Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger beschreibt die durch nicht-erneuerbare Quellen gewonnene Energie beispielsweise aus Steinkohle, Braunkohle, Erdöl oder Uran. Definiert wird die nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger nach DIN EN 15804 als „Verwendung von nicht-erneuerbaren Primärenergieressourcen, ohne Energieressourcen, die als Rohstoff dienen“.

### *Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)*

DIN EN 15804 definiert die nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung als „Verwendung von nicht erneuerbaren Primärenergieressourcen, die als Rohstoff dienen“.

Hierbei handelt es sich vor allem um Erdgas und Erdöl, die neben ihrer Möglichkeit der Energieerzeugung auch stofflich genutzt werden können. Beispiele hierfür sind Kunststoffe oder Bitumenbahnen. Anlehnend an die Bewertung der erneuerbaren Primärenergien zur stofflichen Nutzung können hier Kaskadensysteme bewertet werden.

Die Summe der nicht-erneuerbaren Primärenergie als Energieträger und der nicht-erneuerbaren Primärenergie zur stofflichen Nutzung wird in der Ökobilanz als Total nicht-erneuerbare Primärenergie (PERNT) beschrieben. Dieser Wert gibt dementsprechend Aussagen über die nicht-erneuerbaren Primärenergieverbräuche eines Systems.

## 7.2.2 Lebenszyklusphasen

Um die Umweltwirkungen eines Gebäudes über die gesamte Lebensdauer darzustellen, werden zur Erstellung einer Ökobilanz verschiedene Phasen des Lebenszykluses des Gebäudes berücksichtigen. Die normative Grundlage hierfür bildet die DIN EN 15978, die Berechnungsmethoden zur Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden beschreibt. Abbildung 27 zeigt, schemenhaft, wie der Lebenszyklus eines Gebäudes vom Abbau des Rohstoffes bis hin zur Aufbereitung oder Verwertung stattfindet. [41]

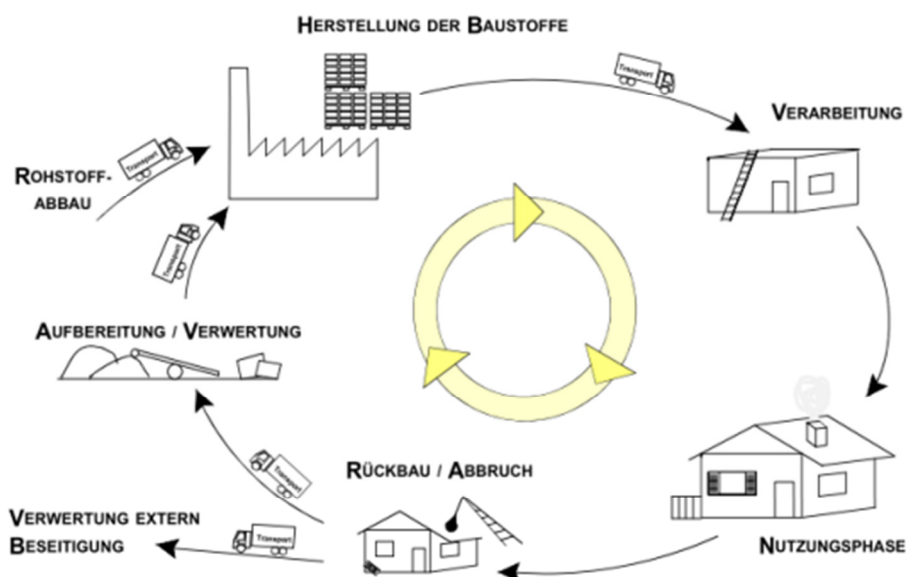


Abbildung 27 Lebenszyklus im Gebäudebereich [42]

Um eine einheitliche Regelung der Lebenszyklusphasen des Gebäudes zu erreichen, werden in DIN EN 15978 verschiedene Lebenszyklusphasen definiert. Diese reichen von der Herstellungs- und Errichtungsphase (Modul A) über die gesamte Nutzungsphase bis hin zur Entsorgungsphase. Darüber

hinaus gibt es die Möglichkeit durch die Nachnutzung von Materialien außerhalb des eigentlichen Lebenszyklus des Gebäudes, Gutschriften und Lasten aus anderen System mit einzubeziehen (Modul D). Unterteilt werden die einzelnen Phasen in kleinere Einheiten, beispielsweise in das Modul der Herstellungsphase, in die Bewertung der Rohstoffbereitstellung, den Transport und die Herstellung. [41]

Jede Lebenszyklusphase wird innerhalb der ökologischen Bilanzierung auf die Auswirkungen hin untersucht. Forschungen zeigen, dass durch die immer besser werdende Dämmung von Gebäudehüllen der Anteil der Umweltauswirkungen der Materialien deutlich ansteigt.

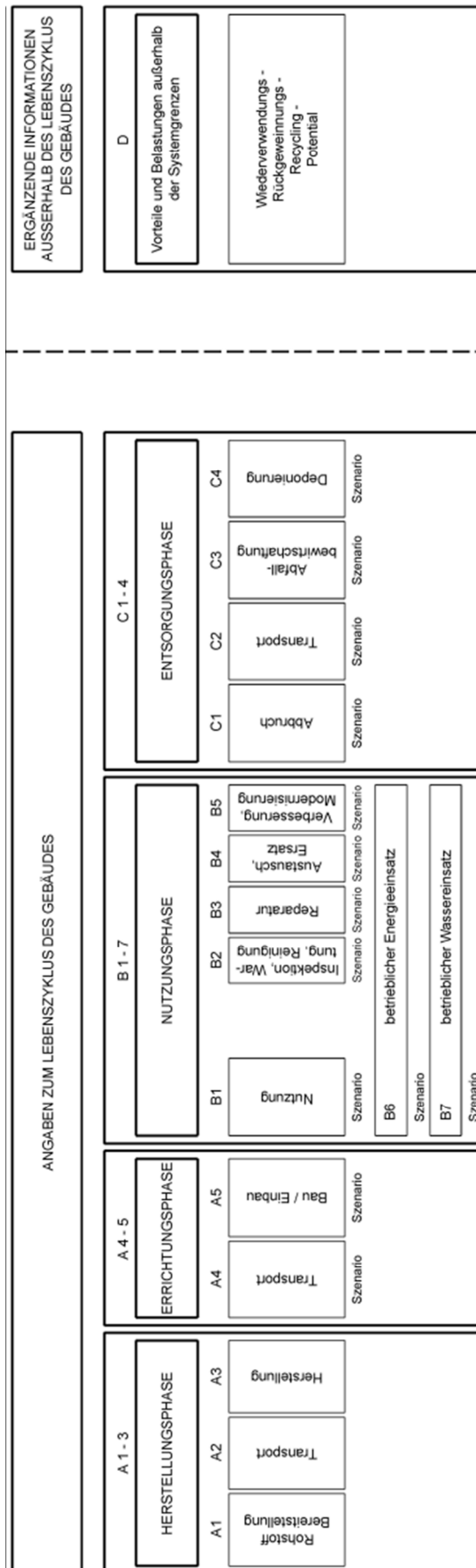


Abbildung 28 Lebenszyklusmodule eines Gebäudes nach DIN EN 15978 [41]

### 7.2.3 Datenbanken

Um den Arbeitsaufwand zur Erstellung einer ökologischen Bilanzierung zu verkürzen und gleichzeitig eine vergleichbare Datengrundlage zu schaffen, gibt es eine Vielzahl an Datenbanken. Diese beinhalten Informationen zu Grund- und Prozessdaten, Technologien zur Bereitstellung von Wärme und Strom, Herstellungsprozesse verschiedener Stoffe und Dienstleistungen. Die Datensätze beinhalten hierbei die Umweltwirkungen als Input- und Outputgrößen der jeweiligen Stoffe.

Eine für das ökologische Bilanzieren von Gebäuden in Deutschland wichtige Datenbank ist die Datenbank Ökobau.dat. Sie ist eine öffentliche, kostenlose Datenbank, die Informationen zu Baumaterialien, Bau- und Transportprozessen beinhaltet. Herausgegeben durch das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) ist sie zur Erstellung von Ökobilanzen von Bundesgebäuden im Rahmen des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) verpflichtend. Innerhalb der Datenbank finden sich aktuell über 1000 verschiedene Datensätze. Neben der Angabe von ökologischen Auswirkungen von firmenspezifischen Bauprodukten bietet die Datenbank auch generische und Durchschnittsdatsätze zu Produkten an, deren Auswirkungen unabhängig von einzelnen Herstellern berechnet wurden. Online kann die Datenbank über die Adresse [www.oekobaudat.de](http://www.oekobaudat.de) abgerufen werden. [43]

Datsätze innerhalb der Ökobau.dat stellen Umweltproduktdeklarationen dar. Diese sind konform zu den in DIN EN 15804 beschriebenen Vorgaben. Somit ist die Datenqualität überwacht sowie die einheitliche Bewertbarkeit der Daten sichergestellt. Im weiteren Verlauf werden ökologische Bilanzierungen auf Basis der Ökobau.dat gerechnet.

Neben der Datenbank Ökobau.dat gibt es in Europa viele weitere Datenbanken, die für das Erstellen von Ökobilanzen im Gebäudebereich geeignet sind. Beispiele hierfür sind die kommerziellen Datenbanken ecoinvent, Gabi, oder die frei verfügbare Datenbank European Reference Life Cycle Data (ELCD).

### 7.2.4 Umweltproduktdeklarationen

Um eine Vergleichbarkeit der umweltbezogenen Bewertung von Bauprodukten und eine Grundlage für die ökologische Bilanzierung von Bauprodukten herzustellen, existieren Umweltproduktdeklarationen von Bauprodukten.

Eine Umweltproduktdeklaration ist ein Dokument, in dem Umweltwirkungen eines Produktes durch eine vom Hersteller durchgeführte Ökobilanz beschrieben werden. Umweltproduktdeklarationen werden innerhalb der Norm DIN EN ISO 14020 als Deklarationen des Typs 3 festgelegt. Während DIN EN ISO 14025 hierfür allgemeine Grundsätze und Verfahrensregeln aufstellt, existiert für Bauprodukte die Norm DIN EN ISO 14025 „Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“. Hierin werden baustofftechnische Umweltproduktdeklarationen als quantifizierte Umweltinformationen für ein Bauprodukt oder eine Bauleistung auf harmonisierter und wissenschaftlicher Grundlage beschrieben. Wichtig ist, dass eine Deklaration Informationen zur Verfügung stellt, ohne diese zu bewerten. Vor der Veröffentlichung einer Umweltproduktdeklaration wird diese durch einen unabhängigen Dritten verifiziert und hat in Deutschland eine Gültigkeit von 5 Jahren. In Deutschland werden Umweltproduktdeklaration durch das Institut für Bauen und Umwelt (IBU) verifiziert und veröffentlicht. [2]

Umweltproduktdeklarationen geben Umweltauswirkungen bezogen auf eine vorgegebene Referenzeinheit des Produktes an. Diese können beispielsweise 1 m<sup>2</sup> Fläche, 1 kg Masse oder 1 m<sup>3</sup> verbautes Material sein.

## 7.3 Ökobilanz Aufstockungsmaßnahme

### 7.3.1 Ökobilanz Sanierung

Aus ökologischer Sicht sind Aufstockungsmaßnahmen eine sinnvolle Möglichkeit, im urbanen Bereich Wohnraum zu schaffen. Durch die Weiternutzung weiter Teile des Gebäudebestands werden Energieaufwendungen zur Herstellung der Tragstruktur komplett eingespart. Darüber hinaus müssen keine neuen Flächen versiegelt, sondern bereits bebauter Baugrund kann genutzt werden. Es entstehen durch die gleichzeitige energetische Sanierung eines Bestandsgebäudes hohe Energieeinsparpotenziale.

Für Ökobilanzen zu Aufstockungsmaßnahmen besteht zum jetzigen Zeitpunkt ein sehr geringer Forschungsstand. Eine Studie der Technischen Universität Dortmund zeigt, dass eine Aufstockung geringere Umweltwirkungen pro m<sup>2</sup> besitzt als ein Abriss und Neubau. [44] Während sich Bewertungsmethoden des Neubaus oder der Sanierung entwickelt haben, gibt es für Aufstockungsmaßnahmen noch kein gültiges Vorgehen. [45 bis 49]

In den in Deutschland gängigen Bewertungssystemen finden sich ebenfalls Rechenregeln zur Bewertung der ökologischen Qualität von Sanierungsmaßnahmen. Das Bewertungssystem vom Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat - Nachhaltiges Bauen (BNB) - beschreibt dazu in Steckbriefen die Unterschiede zur Bewertung des Neubaus. Darüber hinaus können Sanierungsmaßnahmen auch über das Zertifizierungssystem der Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) bewertet werden. Für Aufstockungsmaßnahmen existiert hingegen kein bereits veröffentlichtes Vorgehen.

Generell werden bei der ökologischen Bewertung von Sanierungsmaßnahmen vor allem die Auswirkungen der bei der Sanierung verbauten Materialien bilanziert. Es wird in der Regel angenommen, dass der Lebenszyklus des Gebäudes durch die Sanierungsmaßnahme um weitere 50 Jahre verlängert wird. Während die im Gebäude bestehenden Teile nur in Form von Austauschzyklen im erweiterten Lebenszyklus des Gebäudes mitbewertet werden, wird die Herstellung, der Betrieb und der Rückbau der durch die Sanierungsmaßnahme hinzugewonnenen Bauteile bilanziert. Die Herstellung der Baustoffe, die vor der Sanierungsmaßnahme das Gebäude darstellt, bleibt unberücksichtigt. Unklar ist, welche Bauteile am Ende des Lebenszyklus des Gebäudes mitbilanziert werden. Während das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) davon ausgeht den Rückbau des gesamten Gebäudes zu bewerten, werden im Bewertungssystem DGNB nur der Rückbau der während der Sanierungsmaßnahme eingebauten Materialien berechnet. DIN EN 15978 gibt hierfür den Hinweis, dass für die Änderung des funktionalen Äquivalents, *„die mit dem neuen funktionalen Äquivalent verbundenen Auswirkungen und Aspekte für den Rest der geforderten Nutzungsdauer und die Entsorgung berücksichtigt werden.“* [41] Dies spricht dafür, den kompletten Rückbau des gesamten Gebäudes inklusive Sanierungsmaßnahmen zu bewerten. Der Rückbau der Materialien, die während der Sanierungsmaßnahme rückgebaut werden, wird in beiden Bewertungssystemen nicht berücksichtigt. Gerade für Aufstockungsmaßnahmen besteht hier aber durch den Rückbau größerer Gebäudeteile, wie etwa eines Dachstuhls, Bedarf, die Umweltwirkungen des Rückbaus sowie der Abfallbehandlung mit zu bilanzieren.

Zusammenfassend kann man sagen, dass im Bereich der ökologischen Bilanzierung von Sanierungsmaßnahmen noch Unklarheiten vorhanden sind und sich das generelle Vorgehen für den Fall von Aufstockungsmaßnahmen wenig eignet. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wird daher eine eigene Methodik vorgestellt, die für Aufstockungsmaßnahmen geeigneter ist. Es ist anzumerken, dass es sich hierbei um ein vorläufiges Vorgehen handelt, welches die Grundideen einer ökologi-



Aufstockungsmaßnahme durchgeführt werden. Nach dem Rückbau von Konstruktionen folgt die Erstellung der eigentlichen Aufstockungsmaßnahme, diese wird ähnlich wie im Fall Neubau ökologisch bilanziert. Alle Materialien, die zur Erstellung der Aufstockungsmaßnahme neu dem System zugeführt werden, werden zunächst zum Zeitpunkt 0 im Modul A (Herstellungs- und Errichtungsphase) bilanziert. Hierzu gehören auch Materialien, die nicht direkt Teil der Aufstockung an sich sind. Hierzu zählt beispielsweise die nachträgliche Anbringung von Fassadendämmungen oder die Errichtung neuer Wände innerhalb des Gebäudes. Nach Fertigstellung der Aufstockungsmaßnahme beginnt der Lebenszyklusabschnitt der Nutzungsphase. Dieser wird, ähnlich wie bei Neubaumaßnahmen oder Komplettmodernisierungen mit 50 Jahren Lebensdauer angenommen. Großen Einfluss auf das Ergebnis einer Ökobilanz hat in dieser Phase der Energieverbrauch im Betrieb, Lebenszyklusmodul B6. Hierzu zählt vor allem der Energieverbrauch für Heizungen. Der Energieverbrauch wird über die gesamte Nutzungsphase des Gebäudes bilanziert und gilt für alle Bauteile sowohl des Bestands als auch der Aufstockung. Neben dem Energieverbrauch im Betrieb werden in der Nutzungsphase des Gebäudes auch die Umweltwirkungen der Baumaterialien bilanziert, die ausgetauscht werden müssen. Hierfür stellt das BBSR eine Tabelle über die Nutzungsdauern von Bauteilen zur Verfügung, die sowohl bei Lebenszyklusanalysen nach BNB System als auch für das Bewertungssystem DGNB als Grundlage dienen. [50] Hierin werden Nutzungsdauern einzelner Bauteile angegeben und es kann berechnet werden, wie oft ein Material in der Dauer der Nutzungsphase ausgetauscht werden sollte. Sollte beispielsweise eine Außenwandbekleidung einen Austauschzyklus von 30 Jahren besitzen, wird angenommen, dass diese im Lebenszyklus von 50 Jahren einmal ausgetauscht wird. Die Umweltwirkungen des Austauschs beziehen sich sowohl auf Komponenten der Bestandsmaterialien als auch auf Komponenten, die neu in das Gebäude eingebracht wurden. Am Ende der Nutzungsphase steht der Rückbau des Gebäudes an. In diesem werden alle Materialien sowohl der Aufstockung als auch des Bestands in Modul C ausgewiesen. Durch die Summierung der Umweltwirkungen über den Lebenszyklus ergibt sich hierbei die Frage, ob der Rückbau, der zum Zeitpunkt null rückgebauten Komponenten, ohne weiteres mit dem Rückbau am Ende des Lebenszyklus zu summieren ist. Rückbaumaßnahmen zum jetzigen Zeitpunkt können sehr genau bewertet, die Bewertung des Rückbaus nach 50 Jahren kann allerdings nur geschätzt werden. Zu dieser Fragestellung besteht aktuell noch Forschungsbedarf, mögliche Lösungen wären die Aufteilung in zwei separate Rückbaumodule C(0) und C(50). Auch das im Modul D dargestellte Potential außerhalb der Systemgrenzen könnte analog bezogen auf den Zeitpunkt des Rückbaus mitbewertet werden, beispielsweise durch die Bewertung des Moduls D(0).

## 7.4 Ökobilanzergebnisse

Um das zuvor beschriebene Vorgehen anzuwenden, wurde im Rahmen des Forschungsprojekts eine ökologische Bilanzierung einer tatsächlich durchgeführten Aufstockungsmaßnahme eines Projektpartners berechnet.

### 7.4.1 Beschreibung der Aufstockungsmaßnahme

Das im Jahr 1957 erstellte Gebäude steht im Bochumer Stadtteil Grumme und kann nach IWU Typologie als Mehrfamilienhaus Typ D eingestuft werden. Das zweistöckige Gebäude besteht aus zwei baugleichen, gespiegelten Gebäuden (Zweispänner), welche jeweils 4 Wohneinheiten beinhalten. Neben dem untersuchten Gebäude wurden im gleichen Zuge andere Gebäude gleicher Bauart innerhalb der Siedlung aufgestockt. Die Bestandsgebäude zeigten vor der Aufstockung einen hohen Sanierungsbedarf. Die VBW entschied sich für die Durchführung einer Aufstockung mit gleichzeitiger Fassadensanierung und Erstellung neuer Balkone. Das vorhandene Satteldach wurde entfernt. Die Wände der Aufstockung wurden in Fertigteilmauerwerk ausgeführt und ein neues Pultdach als

Holzbalkendach darauf gesetzt. Die Mieter wurden umfassend über das Bauvorhaben informiert und blieben während der gesamten Baumaßnahme in ihren Wohnungen. Neben der Aufstockung und der Sanierung der Fassade wurde zu den Erdgeschosswohnungen ein kleiner Garten errichtet und die Bestandsfensterflügel durch neue ersetzt. Durch die eingeschossige Aufstockung wurde das Gebäude um 4 Wohneinheiten auf insgesamt 12 Wohneinheiten erweitert. Die Wohnfläche erhöhte sich von 521 m<sup>2</sup> auf 786 m<sup>2</sup>.



*Abbildung 30 Ausgeführte Dachaufstockung links vorher, rechts nachher [Quelle: VBW Bauen und Wohnen GmbH, Bochum]*

Um die ökologische Bilanzierung der Aufstockungsmaßnahme durchführen zu können, wurde im ersten Schritt eine ausführliche Massenbilanz aller Gebäudeteile inklusive des Abbruchs und der Aufstockungsmaßnahme durchgeführt. Insgesamt ergaben sich 113 Bauelemente, aufgeteilt auf Elemente die abgebrochen werden, Elemente die den Bestand darstellen und solche die im Zuge der Aufstockungsmaßnahme dem Gebäude hinzugefügt wurden.

### **Wärmeberechnung**

Als Teil der ökologischen Bilanzierung wurde eine Wärmeberechnung des Gebäudes vor und nach der Aufstockungsmaßnahme durchgeführt. Obwohl der beheizte Raum durch die Aufstockungsmaßnahme größer wird, sinkt der jährliche Primärenergiebedarf insgesamt ab. Von einer absoluten Menge von 63.429 KWh/a verringert sich der Jahresprimärenergiebedarf auf 47.771 KWh/a. Noch deutlicher wird der Vergleich, wenn diese Verbesserung in Bezug auf die Bruttogeschossfläche betrachtet wird. Lag der Wert vor der Sanierung und Aufstockung bei 155,1 KWh/m<sup>2</sup>a liegt er danach bei 55,5 KWh/m<sup>2</sup>a.



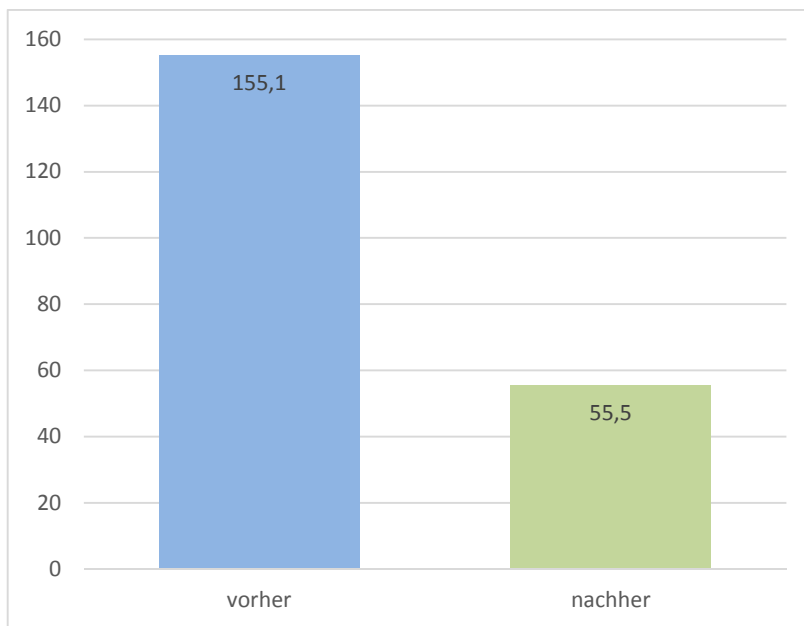


Abbildung 31 Heizwärmeenergiebedarf des gesamten Gebäudes bezogen auf m² der BGF in KWh/m²a

### 7.4.2 Ökobilanzergebnisse

Für die beschriebene Aufstockungsmaßnahme wurde im nächsten Schritt eine Ökobilanz nach dem in Kapitel 7.3 beschriebenen Verfahren erstellt. Rechenergebnisse wurden mit Hilfe des Programms LEGEP der Firma WEKA Media GmbH durchgeführt. Datengrundlage der ökologischen Bilanzierung bildet die Datenbank Ökobau.dat (Version 2018). [43]

Es wurden zunächst die Bauteile nach ihrem Einbauort in die Kategorien Fundament, Außenwand, Innenwand, Decke, Dach, Bodenbeläge, Treppe, Fenster, Türen, Balkone, Sonstiges und technische Geräte eingeteilt. Die untersuchten Wirkungsindikatoren sind das globale Erwärmungspotential in kg CO<sub>2</sub>-Äqv., das Versauerungspotential in kg SO<sub>2</sub>-Äqv. sowie die Energieverbräuche, aufgeteilt in ihrer Herkunft aus erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Quellen in der Einheit Megajoule.

Tabelle 42 Ökobilanzergebnisse der Aufstockungsbauerteile über den Lebenszyklus von 50 Jahren

Ökobilanz- ergebnisse Gesamt	GWP [kg CO <sub>2</sub> -Äqv.]			Versauerungspotential [kg SO <sub>2</sub> -Äqv.]			Primärenergie erneuerbar [MJ]			Primärenergie nicht erneuerbar [MJ]		
	Modul A	Modul B	Modul C	Modul A	Modul B	Modul C	Modul A	Modul B	Modul C	Modul A	Modul B	Modul C
<b>Fundament</b>	0	0	1.979	0	0	10	0	0	1.722	0	0	23.757
<b>Aussenwand</b>	34.491	7.248	9.296	114	22	10	40.178	8.198	1.908	414.598	140.494	24.395
<b>Innenwand</b>	21.479	7.552	5.076	46	34	16	19.710	26.428	-3.129	298.967	149.431	39.350
<b>Decke</b>	8.770	6.737	16.177	16	26	24	18.748	31.938	4.065	92.592	106.588	53.471
<b>Dach</b>	-5.314	8.453	67.064	120	85	5	426.550	132.119	-600.039	402.937	222.821	5.419
<b>Bodenbeläge</b>	2.732	3.536	17.665	6	24	4	5.358	73.303	-11.250	53.344	150.079	9.019
<b>Treppe</b>	0	327	343	0	1	1	0	447	237	0	7.400	3.200
<b>Fenster</b>	4.940	10.687	14.595	32	95	2	32.833	76.370	-118.599	90.150	225.589	5.674
<b>Türen</b>	177	2.507	12.265	7	15	1	22.129	11.275	-102.229	27.482	56.738	840
<b>Balkone</b>	9.098	1.860	1.395	21	8	2	8.385	2.515	390	89.120	25.298	4.890
<b>Sonstiges</b>	0	1.283	177	0	7	5	0	5.526	-12.161	0	31.350	12.128
<b>TGA</b>	4.092	9.417	14.113	12	30	3	4.179	9.947	714	82.505	171.169	5.106
<b>Summe</b>	<b>80.465</b>	<b>59.607</b>	<b>160.145</b>	<b>374</b>	<b>346</b>	<b>84</b>	<b>578.070</b>	<b>378.066</b>	<b>-838.371</b>	<b>1.551.695</b>	<b>1.286.957</b>	<b>187.249</b>

Tabelle 42 zeigt die Ergebnisse der ökologischen Bilanzierung der untersuchten Umweltwirkungskategorien nach Bauteilen und Lebenszyklusmodulen. Es ist zu erkennen, dass Bestandsbauteile wie Treppen oder Fundamente keine Umweltwirkungen im Modul A erzeugen. Insgesamt ist zu sehen, dass vor allem die Umweltwirkungen der Außenwände als auch des Daches großen Einfluss auf das Gesamtergebnis besitzen. Die Fensterkonstruktionen zeigen im Modul B durch den Austausch über den Lebenszyklus hohe Auswirkungen.

Im Folgenden wird das Ergebnis des globalen Erwärmungspotentials der Aufstockungskonstruktionen genauer untersucht. In Abbildung 32 ist dies dargestellt. Es zeigt sich, dass das Dach gefolgt von der Außenwandkonstruktion die höchsten CO<sub>2</sub>-Äquivalenten Auswirkungen aufweist. Im Herstellungsmodul der Aufstockung zeigt das globale Erwärmungspotential sogar einen negativen Wert auf, dies liegt am im Holz gespeicherten Kohlenstoff. Dieser wird am Ende des Lebenszyklus wieder freigesetzt. Dies resultiert in dem hohen globalen Erwärmungspotential in Modul C der Dachkonstruktion. Hierbei werden sowohl der Rückbau als auch die Verwertung des Bestandsdaches als auch die Verwertung des neuen Daches der Aufstockungskonstruktion summiert.

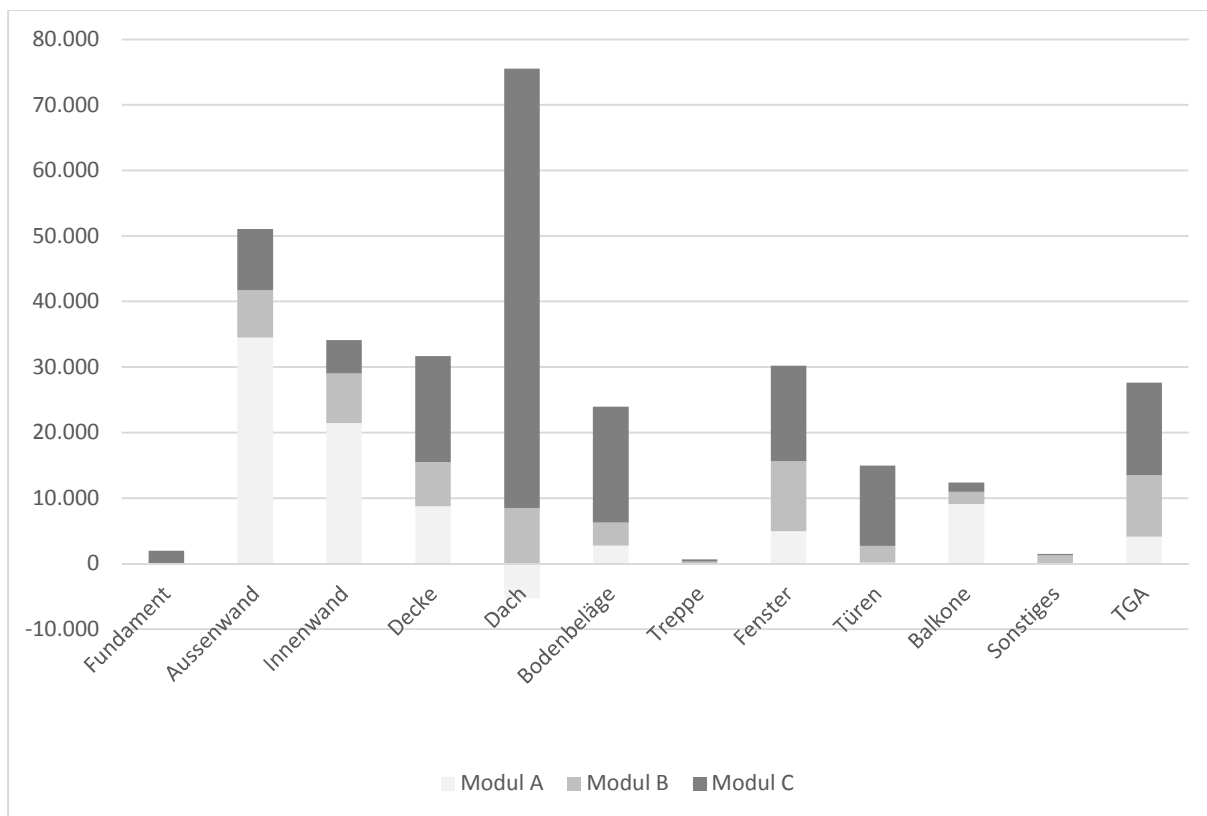


Abbildung 32 Globales Erwärmungspotential der Bauteile nach Lebenszyklusphasen

## 7.5 Ausblick

Die Ergebnisse der hier erstellten Ökobilanz zeigen, dass noch weiterer Forschungsbedarf in der Bewertung von Aufstockungsmaßnahmen besteht. Das im Rahmen dieses Forschungsprojekts erstellte Vorgehen konnte für das Gebäude angewendet werden, jedoch sind noch weitere Aufstockungsmaßnahmen zu bewerten, um das Verfahren weiterentwickeln zu können und Ergebnisse vergleichbar zu machen. Von Interesse hierbei könnte sein, welchen Einfluss verschiedene Baukonstruktionen auf die Ergebnisse einer Ökobilanz von Aufstockungen besitzen. Außerdem kann, ähn-

lich wie bei der Nachhaltigkeitszertifizierung, ein Richtwert ermittelt werden, der ökologisch besonders gute Aufstockungsmaßnahmen ausweist.

Insgesamt ist festzuhalten, dass Aufstockungsmaßnahmen aus Sicht von Nachhaltigkeitsaspekten eine sinnvolle Möglichkeit darstellen. Durch den Wegfall der Herstellung und Errichtung von bestehender Bebauungsstruktur lassen sich hohe Energieaufwendungen einsparen.



## 8 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Während sich die o. g. Kapitel den technischen sowie ökologischen Rahmenbedingungen von Aufstockungsmaßnahmen widmen, setzt sich dieses Kapitel mit der Perspektive der Wirtschaftlichkeit auseinander. Ziel ist es, u. a. Bauherren und Architekten schon in den frühen Leistungsphasen für wirtschaftliche Verfahren und Kennzahlen zu sensibilisieren, um bereits vorab eine erste Einschätzung darüber treffen zu können, inwiefern eine Maßnahme aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten weiterzuverfolgen ist.

Aufgrund des frühen Projektstandes ist die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung eine Prognose. Zukünftige Ein- und Auszahlungen sind i. d. R. Schätzungen auf Basis von Erfahrungs- und aktuellen Marktwerten. Mit einer fortschreitenden und immer detaillierteren Planung können die zugrunde gelegten Ein- und Auszahlungen genauer und belastbarer ermittelt und so in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung nachgezogen werden. Vermieterspezifische Rahmenbedingungen, wie z. B. Steuern, Abschreibungen und Leerstandsquoten, bleiben in der vorliegenden Betrachtung unberücksichtigt und sind im Einzel- und Bedarfsfall einzupflegen.

Die folgenden Inhalte dienen zusammen mit der erstellten Wirtschaftlichkeitsuntersuchung bzw. Investitionsrechnung auf Basis einer Excel-Tabelle (Anhang E) als betriebswirtschaftlicher Wegweiser derartiger Nachverdichtungsmaßnahmen. So wird im Rahmen des Leitfadens der Umgang mit wirtschaftlichen Methoden und Kennzahlen sowohl theoretisch als auch praktisch anhand des entwickelten Programms vermittelt.

Zunächst werden dazu wesentliche finanz- und betriebswirtschaftliche Grundlagen vor dem Hintergrund des Lebenszyklus von Immobilien erläutert. Im Anschluss wird das eigentliche Tool zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit vorgestellt sowie als zusätzlicher Aspekt das projektspezifische Management von Risiken erörtert.

### 8.1 Grundlagen der Untersuchung

#### 8.1.1 Investition und Finanzierung

Unter einer Investition wird die Verwendung finanzieller Mittel (Geld, Kapital) für die Beschaffung von Vermögensgegenständen verstanden. Die wesentlichen Merkmale einer Investition sind sowohl die langfristige Bindung des eingesetzten Kapitals als auch der hohe Kapitalbedarf (vgl. [51]). Zusammengefasst wird der betriebswirtschaftliche Begriff Investition wie folgt definiert: *„wenn die heutige Hingabe von Geld (=Auszahlung) in der Absicht erfolgt, mit dem Mitteleinsatz einen höheren Geldrückfluss (=Einzahlung) in Zukunft zu erreichen“* [51]. Um den zukünftigen höheren Geldrückfluss schon vorab zu modellieren, werden sog. Investitionsrechnungen eingesetzt, welche die Ein- und Auszahlungen in einem Modell abbilden.

Auch bei einer Aufstockungsmaßnahme handelt es sich um eine Investition, da einerseits die Kapitalbindung langfristig ausgelegt ist und andererseits ein hoher Kapitalbedarf benötigt wird. Analog zur Beschaffung einer Immobilie werden auch bei Aufstockungsmaßnahmen, die sich i. d. R. durch

tatsächliche oder fiktive Mieterträge<sup>6</sup> refinanzieren, Amortisationszeiträume von 20 bis 30 Jahren angenommen.

Die Investition steht der Finanzierung gegenüber, die zur Beschaffung von Vermögensgegenständen zwangsläufig ein Bestandteil ist. Der Bauherr muss deshalb klären, durch welche Form von Kapital die Maßnahme finanziert, ob Fremdkapital eingesetzt wird und wie in diesem Fall das Verhältnis von Eigen- zu Fremdkapital ausgestaltet sein soll.

### 8.1.2 Barwertmethode

Der sog. Barwert einer zukünftigen Geldsumme ist der gegenwärtige Geldbetrag, der beim heutigen Zinsniveau benötigt wird, um die zukünftige Geldsumme zu generieren [52].

Zur Bestimmung des Barwerts ist dementsprechend der Investitionszeitraum, also der Beginn und das Ende des Betrachtungszeitraums, entscheidend. Diese Angaben müssen im Vorfeld der Untersuchung festgelegt werden.

Des Weiteren ist für die Barwertmethode der Diskontierungszins<sup>7</sup> zu bestimmen, der für die zeitliche Homogenisierung aller Einnahmen und Ausgaben zu berücksichtigen ist (Schüler 2016). Um den Diskontierungsfaktor projektspezifisch festzulegen, wird eine mit dem gleichen Risikoprofil angemessene Rendite bestimmt. Der Diskontierungsfaktor (DF) wird durch die Multiplikation des Nominalzinsfaktors (NF) und des Risikofaktors (RF) ermittelt. Die Formel wird wie folgt angegeben:

*Tabelle 43: Berechnung des Diskontierungsfaktors*

Faktor	Formel
Nominalzinsfaktor	$NF = (1 + p)$
Risikofaktor	$RF = (1 + r)$
Diskontierungsfaktor	$DF = NF * RF$

mit:

p: Nominalzinssatz

r: Risikozinssatz

Da die Barwertmethode die künftigen Einzahlungen den künftig anfallenden Auszahlungen gegenüberstellt, sind auch Preissteigerungsraten in der Untersuchung zu berücksichtigen. Dazu zählen für die hier behandelte Wirtschaftlichkeitsuntersuchung insbesondere Mietpreissteigerungen sowie Bau- und Bewirtschaftungskostensteigerungen.

<sup>6</sup> Im Leitfaden wird davon ausgegangen, dass sich die durch die Aufstockung neu generierte Fläche durch Mieterträge refinanziert. Sollte die gewonnene Fläche als Eigenbedarf benutzt werden, sollte auch hierfür eine sog. fiktive Miete für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit angenommen werden.

<sup>7</sup> Die Diskontierung soll die Frage beantworten, wie viel eine Zahlung, die zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt, zu Beginn des Investitionszeitpunktes wert ist (Vgl. [53])

## Methodik der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung (Excel-Tool)

Die entwickelte Wirtschaftlichkeitsuntersuchung soll v. a. dazu dienen, dass sich Bestandhalter schon während der frühen Leistungsphasen mit relevanten Wirtschaftlichkeitskennzahlen einer geplanten Aufstockungsmaßnahme auseinandersetzen. Um die dafür relevanten Benchmarks zu ermitteln, sind projektspezifische Eingabewerte erforderlich. Unter dem Reiter „Eingaben“ (siehe auch Abbildung 33) sind die orangenen Eingabefelder hinterlegt, die zusätzlich durch lfd. Nummern (1 bis 29) gekennzeichnet sind.

Annahmen Zeiträumen		Wert	Einheit
1	Startdatum des Projekts	2019	Jahr
2	Betrachtungszeitraum	40	Jahre
3	Planungs- und Bauzeit	4	Jahre

Fläche		Wert	Einheit
4	BGF	1100,00	m <sup>2</sup>
5	Wohnfläche (gif)	715,00	m <sup>2</sup>

Bauinvestitionskosten nach DIN 276 (brutto)		Wert	Einheit
6	Grundstück [100]		Euro/m <sup>2</sup> BGF
7	Herrichten und Erschließen [200]		Euro/m <sup>2</sup> BGF
8	Bauwerk - Baukonstruktion [300]	1.200,00 €	Euro/m <sup>2</sup> BGF
9	Bauwerk - Technische Anlagen [400]	850,00 €	Euro/m <sup>2</sup> BGF
10	Außenanlagen [500]		Euro/m <sup>2</sup> BGF
11	Ausstattung und Kunstwerke [600]	150,00 €	Euro/m <sup>2</sup> BGF
12	Baunebenkosten [700]	750,00 €	Euro/m <sup>2</sup> BGF
13	sonstige Kosten [XXX]		Euro/m <sup>2</sup> BGF
	Risikowert	5,50%	
	Risikokosten	178.475,00 €	Euro
	Gesamtkosten inkl. Risiken	3.423.475,00	Euro

Nutzungskosten nach DIN 18960 (brutto)		Wert	Einheit
14	Kapitalkosten [100]		Euro/Jahr
15	Objektmanagementkosten [200]		Euro/Jahr
16	Betriebskosten [300]		Euro/Jahr
17	Instandsetzungskosten [400]	12.000,00 €	Euro/Jahr
18	sonstige Kosten [XXX]		Euro/Jahr
	Risikowert	5,50%	
	Risikokosten	660,00 €	Euro/Jahr
19	Übernahme der Betriebskosten	Nein	

Finanzierung		Wert	Einheit
<b>Ratentilgungsdarlehen</b>			
20	FK Finanzierung	Ja	
21	Anteil FK	70,0%	Prozent
22	Darlehenslaufzeit	24	Jahre
23	Darlehenszinssatz	3,5%	Prozent
<b>Diskontierungszinssatz</b>			
24	Diskontierungszinssatz	1,50%	Prozent

Indexierung		Wert	Einheit
25	Preisindex Mieteinnahmen	3,5%	Prozent
26	Preisindex Baukosten	5,0%	Prozent
27	Preisindex Bewirtschaftungskosten	5,0%	Prozent

Einnahmen		Wert	Einheit
28	Monatskaltmiete pro m <sup>2</sup>	14,00 €	Euro/m <sup>2</sup>

Abbildung 33 Eingabemaske der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Die Erläuterungen der einzelnen Eingabefelder sind in den nachfolgenden Kapiteln zu finden, in der in Klammern auf die entsprechende Nummer verwiesen wird. Neben den Beschreibungen werden optional auch dafür relevante Quellen erwähnt sowie die notwendigen Arbeitsschritte diskutiert. Ebenso findet bei Bedarf eine Sensibilisierung für potenzielle Schwierigkeiten und Risiken statt.

Die Eingabewerte fließen in die Bewertungsmethodik der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung mit ein und generieren unter dem Reiter „Auswertung“ die entsprechenden Benchmarks, die als wirtschaftliche Entscheidungsgrundlage für oder gegen eine Aufstockungsmaßnahme dienen sollen. Die Interpretation der ermittelten Kennzahlen findet unter Kapitel 8.2.5 statt.

## 8.2 Untersuchung der Investitionsentscheidung

Um die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einer geplanten Aufstockungsmaßnahme vorab zu untersuchen, sind die dafür erforderlichen Eingabewerte in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung anzugeben. Ziel ist, dass potenzielle Bestandhalter zur selbstständigen Durchführung einer Investitionsberechnung befähigt werden sowie die resultierenden Ergebnisse interpretieren können.

### 8.2.1 Projektrahmen und Finanzierungsbedingungen

Im ersten Schritt sind zunächst die Eckdaten der geplanten Aufstockungsmaßnahme festzulegen, um die Bestimmung des Barwerts zu ermöglichen. Dazu ist das Startdatum des Projektes [WU lfd. Nr. 1] und der Betrachtungszeitraum [WU lfd. Nr. 2] zu definieren. Zusätzlich sollte aufgrund der verschiedenen Kostengruppen die Planungs- und Bauzeit [WU lfd. Nr. 3] angegeben werden.

Darüber hinaus sind die bereits in Kapitel 8.1 diskutierten Finanzierungsbedingungen zu hinterlegen. Grundsätzlich ist dafür vorab zu definieren, ob Fremdkapital in Anspruch genommen wird oder nicht [WU lfd. Nr. 20]. Hinsichtlich der Finanzierungsform kann für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung auf das Ratentilgungsdarlehen<sup>8</sup> zurückgegriffen werden. Um Aufschluss darüber zu erhalten, welches Verhältnis an Eigenkapital (kurz: EK) und Fremdkapital (kurz: FK) [WU lfd. Nr. 21] zusammen mit den FK-Zinsen [WU lfd. Nr. 23] projektspezifisch angemessen ist, sollten mit dem zu finanzierenden Bankinstitut die Konditionen eruiert werden. Ebenso ist die Darlehenslaufzeit [WU lfd. Nr. 22] durch das entsprechende Bankinstitut zu klären.

Der für die Barwertmethode essenzielle Diskontierungszinssatz ist ebenfalls festzulegen [WU lfd. Nr. 24]. Die Mietpreissteigerungen [WU lfd. Nr. 25] können vom Bericht „Preise. Verbraucherpreisindizes für Deutschland“, der jedes Jahr vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht wird, entnommen werden. Unter der Rubrik „Wohnung, Wasser, Strom, Gas und andere Brennstoffe“ kann der entsprechende Mietpreisindex auf Grundlage der vergangenen Jahre ermittelt werden.

Eine Quelle für die Preisindizes der Baukosten [WU lfd. Nr. 26] und der Bewirtschaftungskosten [WU lfd. Nr. 27] ist der Bericht „Preisindizes für die Bauwirtschaft“. Diese Fachserie erscheint vierteljährlich auf der Internetseite des Statistischen Bundesamtes und steht analog zum o. g. Bericht kostenlos zum Download bereit. Unter dem Kapitel „1.1 Wohngebäude – Bauleistungen am Bauwerk“ können die erforderlichen Indizes sowohl für die Bauleistungen am Bauwerk als auch für die Instandhaltung von Wohngebäuden entnommen werden.

---

<sup>8</sup> Beim Ratentilgungsdarlehen ist die Tilgung über die einzelnen Perioden stets gleich. Die Tilgungsrate lässt sich durch die Division des Fremdkapitalbetrags mit der Darlehenslaufzeit ermitteln. Sowohl auf das Endfällige Darlehen als auch auf das Annuitätendarlehen wurde angesichts von Vereinfachungsgründen verzichtet.



### 8.2.2 Einnahmen

Die Einkünfte einer Immobilie bzw. einer neu generierten Wohnfläche resultieren aus der Miete. Für die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit ist die m<sup>2</sup>-Miete [WU lfd. Nr. 28] anzugeben, die ortsüblich anfällt. So kann diese sowohl aus dem Bestandsgebäude ermittelt oder aus dem Mietspiegel der jeweiligen Kommunen entnommen werden. Die m<sup>2</sup>-Miete wird mit der durch die Maßnahme neu entwickelte Fläche gemäß der Richtlinie zur Berechnung der Wohnfläche (MF-W) der Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e. V. (kurz: gif) [WU lfd. Nr. 5] multipliziert. Die Einnahmen fließen daraufhin in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein.

### 8.2.3 Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten einer baulichen Maßnahme werden durch die Herstellungskosten nach DIN 276 und den Nutzungskosten gemäß DIN 18960 ermittelt.

Kennzahlen für die Ermittlung der Herstellungskosten [WU lfd. Nr. 6-12] können aus Erfahrungswerten oder z.B. aus den Baukostenbüchern des Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (kurz: BKI) entnommen werden. Diese werden mit der angenommenen Bruttogrundfläche [WU lfd. Nr. 4] zu den Gesamtkosten multipliziert. Des Weiteren können bei den sonstigen Kosten [WU lfd. Nr. 13] Kostenwerte angegeben werden, die bei der Aufstellung der DIN 276 unberücksichtigt (z. B.: Öffentlichkeitsarbeit und Marketing) bleiben.

Die Kosten für die Nutzung werden durch die DIN 18960 bestimmt. So sind analog zu den o.g. Herstellungskosten die Werte entweder aus eigenen Erfahrungen zu ermitteln oder z.B. den Baukostenbüchern des BKI zu entnehmen. Hierbei sollten die jährlichen Nutzungskosten [WU lfd. Nr. 14-17] in den Eingabefeldern manuell mit den entsprechenden Flächenangaben multipliziert werden. Ferner gibt es analog zu den o.g. Herstellungskosten eine Eingabemaske für die sonstigen Kostenwerte [WU lfd. Nr. 18], die bei der Kostenaufstellung der DIN 18960 unberücksichtigt bleiben. Darüber hinaus sind Instandhaltungskosten gemäß § 556 BGB auf den bzw. die Mieter bei Wohnraummietverträgen nicht umzulegen [WU lfd. Nr. 19]. Da die neu geschaffene Fläche auch als Eigenbedarf genutzt werden kann, muss in diesem Falle die Übernahme der Betriebskosten [WU lfd. Nr. 19] in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung angegeben werden.

### 8.2.4 Berücksichtigung von Risiken

Für eine erste Abschätzung, ob eine Investition als wirtschaftlich vorteilhaft beurteilt werden kann, sind neben den zuvor angesprochenen Finanzierungsbedingungen und investitionsrelevanten Angaben auch potenzielle Risiken zu berücksichtigen und in die Gesamtbetrachtung mit einzubeziehen. Dementsprechend ist die Bedeutung eines projektspezifischen Risikomanagements nicht zu vernachlässigen.

Grundsätzlich ist mit dem Eingang von Risiken auch die Wahrnehmung von unternehmerischen Chancen verbunden. Demzufolge wird unter Risikomanagement „*das systematische Denken und Handeln im Umgang mit Chancen und Gefahren (Risiken)*“ [54] verstanden. Die für den Aufbau eines Risikomanagements wesentlichen Schritte sollen in den folgenden Abschnitten zum Teil allgemein, aber insbesondere für Aufstockungsmaßnahmen erläutert werden. Darüber hinaus werden spezielle Risiken, die in diesem Zusammenhang auftreten können, aufgezeigt.

#### Risikoidentifikation

Für die Implementierung eines ganzheitlichen Risikomanagements ist zunächst eine Identifikation der relevanten Risiken erforderlich. Dabei ist zu beachten, dass nicht nur solche Risiken aufgenommen werden, deren potenzielles Schadensausmaß als besonders hoch oder deren Einfluss als über-

durchschnittlich stark wahrgenommen wird. Auch auf den ersten Blick weniger signifikante oder akzeptierte Risiken können sich durch gegenseitige Beeinflussung ggf. potenzieren und somit an Relevanz gewinnen. Im konkreten Fall der Aufstockungsmaßnahmen können bspw. nicht vorhandene oder unvollständige statische Nachweise neben den monetären Auswirkungen auf die Baukosten (Grund: z. B. zusätzliche konstruktive Maßnahmen) aufgrund verzögerter Fertigstellung auch den Ausfall bereits kalkulierter Mieteinnahmen nach sich ziehen. Letzteres kann im weiteren Verlauf die prognostizierte Rentabilität des Investors negativ beeinträchtigen. Dementsprechend kommt dieser ersten Phase des Risikomanagements bereits eine sehr hohe Bedeutung zu [55, 56].

Um eine möglichst vollständige Risikoerfassung durchzuführen, stehen eine Vielzahl an Tools und Methoden zur Verfügung [54, 57, 58]. Für die hier betrachtete Thematik erscheinen weniger aufwändige Verfahren wie z. B. Checklisten, Brainstorming, Mitarbeiter- bzw. Expertenbefragungen oder Workshops sinnvoll. Als Hilfestellung ist diesem Leitfaden in Anhang F eine Liste mit typischen immobilienpezifischen Risiken beigelegt, welche einen ersten Überblick für Bauherren und Architekten bieten soll. Auch aufgrund der Heterogenität des Immobilienmarktes sind Risiken bereits durchgeführter Immobilieninvestitionen jedoch nicht ohne weiteres übertragbar, weshalb in jedem Fall eine genaue Betrachtung des Einzelfalls notwendig ist.

Die auf diese Weise ermittelten Risiken werden im Anschluss klassifiziert bzw. kategorisiert. Dabei kommen unterschiedliche Prinzipien zur Gruppierung der Risiken in Betracht. So ist z. B. eine Zusammenfassung entsprechend der erwarteten Auswirkung der einzelnen Risiken denkbar. Auch eine Einordnung anhand der verschiedenen Risikoarten ist möglich [59].

Als weitere Alternative kommt die Kategorisierung auf Basis der Projektphasen in Betracht. In der oben beschriebenen Wirtschaftlichkeitsuntersuchung (Excel-Tool) erfolgt diese Unterscheidung in der Eingabemaske anhand einer Abgrenzung zwischen Bauinvestitions- und Nutzungskosten. Dieser Vorgehensweise folgend, werden für eine adäquate Berücksichtigung der Risikokosten – und auch zur Reduzierung der Komplexität – sämtliche Risiken entweder der Planungs- bzw. Bauphase oder der Betriebs- bzw. Nutzungsphase zugeordnet.

### **Risikoanalyse und -bewertung**

Aufgabe der Risikoanalyse ist grundsätzlich die Beurteilung der zuvor identifizierten Risiken im Hinblick ihrer potenziellen Auswirkungen auf die unternehmerischen Tätigkeiten. Im hier betrachteten Fall wird speziell der Einfluss auf die geplante Investition bzw. auf ihre finanzrelevanten Kennzahlen untersucht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine einmalige Analyse zu Projektbeginn definitiv zu kurz greift: Im Laufe der Zeit ist der Großteil der Risiken dynamischen Entwicklungen unterworfen, welche dazu führen, dass eine regelmäßige Aktualisierung der Risikobewertung unerlässlich ist [55]. Dies gilt aufgrund der differenzierten Lebenszyklusphasen insbesondere für Bauprojekte und somit auch für die Planung und Durchführung von Aufstockungsmaßnahmen.

Für die Analyse und Bewertung stehen analog zur Risikoidentifikation unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Für einen ausführlichen Überblick wird an dieser Stelle auf die einschlägige Fachliteratur zu diesem Thema verwiesen [55]. In der Praxis weit verbreitet ist die Berechnung von Erwartungswerten für Risiken über das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und prognostizierter Schadenshöhe. Zwar lässt sich darüber die im vorherigen Kapitel beschriebene Wechselwirkung und Verkettung von Risiken nicht abbilden. Jedoch gewährleistet diese Vorgehensweise eine vergleichsweise schnelle Einschätzung der zuvor erkannten Risiken und lässt sich auch ohne tiefgründige Vorkenntnisse des Risikomanagements anwenden [55]. Aus diesen Gründen bietet sich der Einsatz im

Rahmen der hier zugrunde gelegten Wirtschaftlichkeitsuntersuchung an, da der Leitfaden eine unkomplizierte Unterstützung bei der Entscheidung für oder gegen eine Investition sicherstellen soll.

Zu diesem Zweck ist im beschriebenen Excel-Tool ein Arbeitsblatt „Risikomanagement“ angelegt, welches nach abgeschlossener Risikoidentifikation vom Anwender mit den einzelnen Risiken befüllt werden kann. Um den Eingabeaufwand möglichst gering zu halten, ist bereits eine vordefinierte und verknüpfte Risikomatrix enthalten (vgl. Abbildung 34), die mittels Kennzahlen (1 bis 9) mögliche Szenarien bezüglich Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß abbildet. Diese Kennzahlen sind bei der Eingabe für jedes Risiko auszuwählen. Die für die Berechnung notwendigen prozentualen Abstufungen sowie die qualitativen Beschreibungen (gering, mittel, hoch) sind bereits festgelegt. Im Ergebnis errechnet sich ein prozentualer Risikowert je Einzelrisiko. Die Addition dieser Einzelwerte ergibt wiederum jeweils ein Gesamtrisiko für die Planungs- und Bauphase sowie für die Nutzungsphase und wird als Zuschlag auf die dazugehörigen Kosten in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung berücksichtigt.

Risikomatrix			Schadensausmaß		
			Gering (... % der Bezugsgröße)	Mittel (... % der Bezugsgröße)	Hoch (... % der Bezugsgröße)
			1%	5%	10%
Eintrittswahrscheinlichkeit	Hoch	50%	7	8	9
	Mittel	25%	4	5	6
	Gering	10%	1	2	3

Abbildung 34: Risikomatrix zur Verknüpfung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß

### Risikosteuerung und -bewältigung

Im Anschluss an die Analyse und Bewertung der ermittelten Risiken müssen geeignete Methoden und Prozesse zur Vermeidung, zur Abwälzung oder mindestens zur Reduktion relevanter Risiken implementiert werden. Zusätzlich ist eine stetige Kontrolle und Überprüfung der ausgewählten Steuerungsmaßnahmen essenziell, um insbesondere deren tatsächliche Effektivität beurteilen zu können. Die Wahl der Maßnahmen und deren laufende Evaluation können als Kernaufgaben der Risikosteuerung beschrieben werden [55, 58].

Grundsätzlich lassen sich fünf übergeordnete Strategien zur Steuerung von Risiken voneinander abgrenzen ([54, 55]):

- Risikovermeidung,
- Risikoverminderung,
- Risikobegrenzung,
- Risikoüberwälzung und
- Risikoakzeptanz.

Welche Strategie für welches Risiko angewendet werden sollte, ist vor allem von den bereits angesprochenen Kennwerten Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe abhängig. So wird die Vermeidung von Risiken immer dann sinnvoll sein, wenn die prognostizierte Höhe ihres Schadens derart signifikant ist, dass anderweitige Steuerungsmaßnahmen keine für das Unternehmen oder den Investor angemessene Minderung eines potenziell existenzgefährdenden Risikos mit sich bringen. Eine Risikoverminderung kann bspw. über eine Reduzierung der Eintrittswahrscheinlichkeit

erreicht werden. Als konkretes Beispiel für Aufstockungsmaßnahmen wäre die Einholung eines zusätzlichen Gutachtens zu ggf. bereits vorliegenden Baugrunduntersuchungen denkbar, um somit das Risiko einer Planung auf falschen Grundlagen zu verringern.

Die Begrenzung von Risiken ist im Grunde ähnlich ausgerichtet, orientiert sich allerdings eher an übergeordneten Vorgaben wie z. B. der Einhaltung bestimmter Obergrenzen bei der erwarteten Schadenshöhe. Im Falle von mehreren Aufstockungsmaßnahmen lässt sich das Gesamtrisiko auch mittels Diversifikation begrenzen, indem an unterschiedlichen regionalen Märkten mit differenzierten lokalen Gegebenheiten investiert wird.

Als klassische Lösung der Risikosteuerung kann die Überwälzung von Risiken an Dritte bezeichnet werden. Dabei werden die Risiken gegen Zahlung einer Prämie an Versicherungen oder über entsprechende Klauseln an Vertragspartner weitergegeben. In beiden Fällen ist eine vollständige oder nur teilweise Weitergabe denkbar.

Sind alle zuvor erläuterten Methoden ausgeschöpft, bleibt als letzte Möglichkeit nur noch die Übernahme des Risikos durch den Investor bzw. den Bauherr selbst. Wie eingangs bereits erläutert, sind mit der Inkaufnahme von Risiken aber auch Chancen verbunden und es kann somit betriebswirtschaftlich durchaus sinnvoll sein, gewisse Restrisiken zu akzeptieren. Notwendig ist dazu aber in jedem Fall die Vorhaltung eines separaten Risikopuffers bzw. einer Rücklage, um tatsächlich eintretende Risiken abfangen zu können. Auch in terminlicher Hinsicht sollten eventuelle Verzögerungen im Projektablauf berücksichtigt werden.

Je nach gewählter Steuerungsmaßnahme sind einzelne Risiken ggf. neu zu bewerten und in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu aktualisieren. Die Beeinflussung und Bedeutung entscheidender Kennzahlen der Investition werden im folgenden Kapitel diskutiert.

**8.2.5 Interpretation des Ergebnisses**

Um eine Aussage über die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einer Aufstockungsmaßnahme zu treffen, müssen die generierten Ergebnisse aus der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zur Entscheidung für oder gegen eine geplante Investition interpretiert werden. So gibt der Reiter „Auswertung“ des Excel-Tools, der in Abbildung 35 dargestellt ist, darüber Aufschluss, welche relevanten Kennzahlen der Bauherr auszulegen hat.

Statische Werte		
Gesamtkapitalrentabilität	16,50%	✓
Eigenkapitalrentabilität	43,34%	✓
statische Amortisation	28,5 Jahre	✓
Dynamische Werte		
Kapitalwert	546.171,56 €	✓
interner Zinsfuß	27,45%	✓
Dynamische Amortisation	19 Jahre in 2038	✓

Abbildung 35 Kennzahlen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Die generierten Werte sind in der Investitionsrechnung praxiserprobte und häufig verwendete Kennzahlen, um die Vorteilhaftigkeit einer Investitionsentscheidung zu überprüfen und zu bewerten. Anhand dieser sollen ebenso künftige Fehlinvestitionen vermieden werden.

Die Investitionsrechnung unterscheidet zwei gängige Verfahren, d. h. einerseits die statische und andererseits die dynamische Investitionsrechnung.

Bei den statischen Verfahren werden die zeitlichen Aspekte von Einnahmen und Ausgaben vernachlässigt und üblicherweise Durchschnittswerte einer charakteristischen Zeitperiode für die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit verwendet. I. d. R. werden die statischen Verfahren beim Vergleich zwischen zwei oder mehreren Investitionen zur Beurteilung der günstigeren Variante eingesetzt [51]

Die aus den statischen Verfahren einhergehenden Planungsungenauigkeiten, werden durch die dynamischen Verfahren minimiert, da dieses zwar das gleiche Ziel, jedoch mit einem anderen Prinzip verfolgt: Die finanziellen Auswirkungen der Ein- und Auszahlungen einer Investitionsentscheidung werden hierbei finanzmathematisch über den gesamten Betrachtungszeitraum erfasst und ausgewertet [53]. Diese Methode erlaubt es u. a. Veränderungen im Zeitablauf abzubilden sowie verschiedene Zinssätze auf Eigen- und Fremdkapital zu berücksichtigen [51]. Ebenso dient dieses Verfahren dazu, den Kapitalfluss detailliert und durch verschiedene Zinsströme darzustellen. Insbesondere bei Investitionsentscheidungen werden die daraus gewonnenen Kennzahlen als relevante Werte für oder gegen eine Investition herangezogen. Jedoch ist auch bei den dynamischen Investitionsverfahren anzumerken, dass die angenommenen Prognosen der künftigen Ein- und Ausgaben durch Unsicherheiten behaftet sind. So können die erwarteten Geldströme, v.a. aber auch die angenommenen Indizes das Gesamtergebnis sowohl in die positive als auch in die negative Richtung entscheidend beeinflussen.

Die Kennzahlen der modellierten Wirtschaftlichkeitsuntersuchung werden nun im Folgenden so erläutert, dass die daraus gewonnenen Ergebnisse von den Anwendern interpretiert werden können. Dieses Kapitel soll v. a. Bestandshalter unterstützen, ob eine geplante Investition aus rein finanzwirtschaftlicher Sicht für geeignet erachtet wird. Als zusätzliche Interpretationshilfe dienen die grünen Haken bzw. die roten Kreuze im Auswertungsreiter der Excel-Tabelle. Jedoch ist diese einfache Abbildungsform nicht zu kompensieren mit der eigentlichen Auslegung der gewonnenen Kennzahlen.

### **Statische Werte**

Die statischen Verfahren dienen lediglich als Vergleichsbenchmarks zwischen zwei oder mehreren Investitionen. Dabei bilden diese Methoden nicht alle Kapitalflüsse einer Investition ab und können so zu keiner belastbaren Aussage führen. Jedoch können sie als erste Kennzahlen einer möglichen Investitionsentscheidung dienen.

Die Gesamrentabilität stellt sich aus dem Verhältnis zwischen der Summe des Gewinns<sup>9</sup> und der veranschlagten Fremdkapitalkosten<sup>10</sup> und dem eingesetzten Kapital<sup>11</sup> dar. Eine wirtschaftliche Inves-

---

<sup>9</sup> Der Gewinn wird durch die Differenz zwischen der erwarteten Miete und den ermittelten Baukosten ermittelt.

<sup>10</sup> Durch die Multiplikation des Darlehenszinssatz mit dem aufgenommenen Ratentilgungsdarlehen ergeben sich die angenommenen Fremdkapitalkosten – die sog. Zinskosten.

<sup>11</sup> Das eingesetzte Kapital ist die Summe von Eigen- und Fremdkapital

tion in Form einer Aufstockung wird dadurch bekräftigt, wenn der ermittelte Wert größer als 1 ist, d. h. der Gewinn zusammen mit den Fremdkapitalzinsen monetär höher ist als das eingesetzte Gesamtkapital. Dieser Wert sollte mit der davor definierten (gewünschten) Mindestverzinsung des Bauherrn verglichen werden.

Bei der Eigenkapitalrentabilität wird der Gewinn ins Verhältnis zum eingesetzten Eigenkapital gesetzt. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten sollte auch dieser Wert größer als 1 sein. Darüber hinaus muss die gewünschte Eigenkapitalverzinsung vom Investor vorab definiert werden, um diesen mit der Eigenkapitalrentabilität zu vergleichen.

Die statische Amortisation untersucht, wie lange es dauert, bis sich die Bauinvestitionskosten nach DIN 276 (Anschaffungskosten) durch die angesetzten Mieteinnahmen (Kapitalrückflüsse) refinanzieren – das sog. Amortisieren. Die Wirtschaftlichkeit einer Investition wäre dann gegeben, wenn die errechnete Amortisationsdauer unter der subjektiven erstrebten Soll-Amortisationsdauer [51]. Des Weiteren sollte die Amortisationsdauer nicht länger als der veranschlagte Betrachtungszeitraum liegen.

In der dargestellten Tabelle 44 sind neben den drei statischen Verfahren die Benchmarks zur wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit einer Investition angegeben. Die Darstellung soll einem schnellen Abgleich zwischen Soll und Ist dienen und Bestandshalter bei der Investitionsentscheidung unterstützen. Dennoch sollten auf eine tiefgründige Interpretation nicht verzichtet werden.

*Tabelle 44: Wirtschaftlichkeit der statischen Werte*

Verfahren	Wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit
Gesamtrentabilität	>1
Eigenkapitalrentabilität	>1
Statische Amortisation	< Soll-Amortisation

### Dynamische Werte

Im Folgenden werden die drei für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung relevanten dynamischen Verfahren dargestellt, die die Auswirkungen einer Investitionsentscheidung über den gesamten Betrachtungszeitraum erfassen sowie auswerten und somit über die Vorteilhaftigkeit einer Einzelinvestition – hier für die geplante Aufstockungsmaßnahme – entscheiden [51].

#### Kapitalwert

Summe aller Ein- und Auszahlungen innerhalb des Betrachtungszeitraums

Der Kapitalwert lässt sich dadurch ermitteln, dass die zu unterschiedlichen Zeitpunkten erwarteten Zahlungsströme – auch Cash-Flows genannt – durch die Abzinsung auf den Gegenwartswert  $t=0$  vergleichbar gemacht werden [51]. So untersucht der Kapitalwert nicht einen Periodenerfolg, sondern den Totalerfolg einer Investitionsmaßnahme, d. h. die Differenz aus den Einzahlungsüberschüssen und den Anschaffungsauszahlungen über den gesamten Betrachtungszeitraum.

Eine Investition ist dann wirtschaftlich von Vorteil, wenn der ermittelte Kapitalwert positiv ist. Sollte der Kapitalwert gleich null sein, bedeutet dies, dass die Investition den Wert des Diskontierungszinseszins erzielt und somit die gleichen Eigenkapitalzinsen mit den einhergehenden Risiken zu erwarten sind [53]. Bei einer Aufstockungsmaßnahme werden die anfallenden Bauinvestition-, Nutzungs-

und Finanzierungskosten zusammen mit den entsprechenden Indizes und den Erlösen aus der Vermietung auf den gegenwärtigen Zeitpunkt kumuliert. Der daraus resultierende Geldwert umfasst somit alle prognostizierten Ein- und Auszahlungen über den gesamten Betrachtungszeitraum.

#### Interner Zinsfuß

Maximaler Diskontierungszins, der einen Kapitalwert von 0 € erzielt

Bei der Ermittlung des internen Zinsfußes wird der Zinssatz ermittelt, bei dem der Kapitalwert zu 0 € führt. Der Wert sagt somit aus, bis zu welchem maximalen Diskontierungszinssatz die Einzahlungsüberschüsse die prognostizierten Auszahlungen übersteigen [51]. Mit diesem Wert lässt sich die prozentuale Rentabilität des gebundenen Kapitals bestimmen. So sollte der aus der Investitionsrechnung ermittelte prozentuale interne Zinsfuß höher sein als der für die Berechnung angenommene Diskontierungsfaktor. Unter dieser Bedingung wird die Investition als vorteilhaft angesehen. Für die bauliche Maßnahme gilt somit, welcher Diskontierungszinssatz aus wirtschaftlicher Sicht nicht überstiegen werden sollte, sodass die geplante Aufstockungsmaßnahme künftige Gewinne generiert.

So sollte der aus der Investitionsrechnung ermittelte prozentuale interne Zinsfuß höher sein als der für die Berechnung angenommene Diskontierungsfaktor. Unter dieser Bedingung wird die Investition als vorteilhaft angesehen. Für die bauliche Maßnahme gilt somit, welcher Diskontierungszinssatz aus wirtschaftlicher Sicht nicht überstiegen werden sollte, sodass die geplante Aufstockungsmaßnahme künftige Gewinne generiert.

#### Dynamische Amortisation

Zeitpunkt, ab dem die Investition durch Erträge refinanziert wird

Während sich die beiden o. g. Kennzahlen dem Kapitalwert widmen, stellt die dynamische Amortisation (auch Pay-Off-Methode) den Zeitraum dar, an dem der Investor die Anschaffungsauszahlung einschließlich der Verzinsungsfaktoren durch die Einnahmen refinanziert hat. So kann mit der dynamischen Amortisation abgeschätzt werden, ab wann positive Cash-Flows zu erwarten sind. Insbesondere bei Baumaßnahmen können während des Betrachtungszeitraums große Instandhaltungsmaßnahmen anfallen, die die Perioden von positiven Einzahlungsüberschüssen negativ beeinflussen.

Insbesondere bei Baumaßnahmen können während des Betrachtungszeitraums große Instandhaltungsmaßnahmen anfallen, die die Perioden von positiven Einzahlungsüberschüssen negativ beeinflussen.

Da es sich hierbei um eine vereinfachte Wirtschaftlichkeitsuntersuchung handelt, fließt in die Berechnung ein jährlicher Durchschnittswert für die Instandhaltungsmaßnahmen ein. Dadurch werden auch große, während der Nutzungsphase aufkommende Investitionen abgedeckt. Die dynamische Amortisation unterscheidet sich von der statischen, indem statt Durchschnittswerten, prognostizierte Ein- und Auszahlungen jeder Periode in die Berechnung mit einfließen. Jedoch sollte die dynamisch errechnete Amortisationsdauer unter der subjektiven erstrebten Soll-Amortisationsdauer liegen. Da eine Aufstockungsmaßnahme einer Neubaumaßnahme ähnelt und somit nicht als Modernisierungsmaßnahme zu verstehen ist, werden Amortisationszeiträume zwischen 20 und 30 Jahren als realistisch angesehen. Jedoch sollte auch der Betrachtungszeitraum nicht überschritten werden.

Analog zu den statischen Investitionsrechnungen sind in der abgebildeten Tabelle 45 die jeweiligen Verfahren sowie die Benchmarks zur wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit angegeben.

Tabelle 45: Wirtschaftlichkeit der dynamischen Werte

Verfahren	Wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit
Kapitalwert	$>0$
Interner Zinsfuß	$>$ Diskontierungsfaktor
Dynamische Amortisation	$<$ Soll-Amortisation

### 8.3 Ausblick

Aufstockungen bei Bestandsgebäuden können zur unversiegelten Nachverdichtung in prosperierenden Städten dienen. Darüber hinaus ist es nicht unwahrscheinlich, dass derartige bauliche Eingriffe bei einer steigenden Wohnraumnachfrage zu marktgerechten Renditen führen können – zumal sich das Grundstück schon im Eigentum des Bestandshalters befindet. So muss einerseits die Nachfrage marktspezifisch eingeschätzt werden und andererseits die Rendite mit den einhergehenden Risiken für den Investor korrespondieren. Auch können mögliche Synergieeffekte, wie z. B. bei mehreren Aufstockungen gleichartiger Bautypologien innerhalb einer Siedlung, entstehen und so zu einer höheren Rendite führen.

Jedoch gehen mit einer Aufstockungsmaßnahme auch mögliche Risiken einher, die vorab zu identifizieren sowie zu steuern sind. So kann evtl. der durchführungskonforme Baubetrieb durch Baulärm oder unzureichende Baustelleneinrichtungsplätze aufgrund gesetzlicher Vorgaben nicht gewährleistet werden. Auch sind die infrastrukturellen TGA-Anforderungen für die neu gewonnene Aufstockungsfläche vorab zu untersuchen. Darüber hinaus ist vorab die Statik zu prüfen und die Frage zu beantworten, ob sich die Lasten des neu errichteten Wohnraums vom Bestandsgebäude in das Erdreich abtragen lassen. All diese Risiken sollten gemäß einschlägiger Literatur in der entsprechenden monetären Risikoanalyse Berücksichtigung finden.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus diesem Kapitel sollen dazu beitragen, dass potentielle Bestandhalter, die eine mögliche Aufstockung in Betracht ziehen, schon frühestmöglich wirtschaftliche Kennzahlen als eine relevante Entscheidungsgrundlage für oder gegen eine Investition generieren und auslegen können. So kann mit Hilfe des Leitfadens die entwickelte Wirtschaftlichkeitsuntersuchung eigenständig von Eigentümern oder Architekten bedient und die Ergebnisse interpretiert werden. Zusätzlich können die Anwender potenzielle Risiken einschätzen und monetär in die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung mit einfließen lassen, um damit negative Kostenabweichungen frühzeitig zu erkennen sowie dagegen zu steuern. Ziel ist es, dass Bestandhalter diese Methodik als einen weiteren Richtungsweiser in ihrer Entscheidungsfindung für oder gegen eine geplante Aufstockung des Bestandsgebäudes verstehen.



## 9 Sonstiges – Allgemeine Hinweise zur Planung

### 9.1 Gebäudetechnik

Die technische Gebäudeausrüstung war ursprünglich kein Teil dieses Leitfadens, dennoch soll das Thema aufgrund seiner Bedeutsamkeit für Aufstockungsmaßnahmen nicht gänzlich außen vor bleiben. Es ist jedoch festzuhalten, dass es sich bei den Angaben nur um allgemeine Hinweise handelt und dieser Leitfaden keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Wie bei einem Neubau ist beim zuständigen Versorgungsunternehmer vorab die Realisierbarkeit der Baumaßnahme hinsichtlich des Hausanschlusses zu klären. Hierzu benötigt man zunächst Kenntnisse über den aktuellen Hausanschluss, es ist beispielsweise zu klären, welche Anschlüsse vorhanden sind und ob es bereits nachträgliche Änderungen gab.

#### 9.1.1 Anlagentechnik

Wie bereits mehrfach erwähnt, ist eine Aufstockung vor allem dann sinnvoll, wenn das Bestandsgebäude ohnehin energetisch saniert wird. In Zusammenhang mit dieser Sanierung ist zusätzlich die Frage nach der Anlagentechnik des Gebäudes zu stellen.

#### Heizungsanlage

Wie in Kapitel 7.4.2 beschrieben, kann bei einer energetischen Sanierung mit zusätzlicher Aufstockung der Heizwärmebedarf des Gebäudes sogar sinken, obwohl mehr Wohnfläche beheizt werden muss. Dementsprechend ist von einem Fachkundigen zu klären, ob eine neue Heizungsanlage eingebaut werden muss oder ob die alte beibehalten werden kann. Genau wie bei einer üblichen energetischen Sanierung muss in diesem Zusammenhang der Zustand und das Alter der Anlage geklärt werden, um eine fundierte Aussage über den Verbleib der Anlage treffen zu können.

Bei der Entscheidung für oder gegen eine neue Heizungsanlage sind auch die Anforderungen der EnEV zu berücksichtigen. In § 10 „Nachrüstung von Anlagen und Gebäuden“ ist abhängig vom Alter, der Bauart-, der Größe und dem Greifen von Befreiungstatbeständen geregelt, wann Heizkessel, die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden, ausgetauscht werden müssen.

Sollte die Entscheidung für eine neue Anlage getroffen werden, so ist zu überprüfen, welcher Energieträger künftig verwendet werden soll, da dies ggf. Änderungen des Hausanschlusses bzw. der Leitungsführung mit sich bringen kann.

#### Leitungsführungen

Abhängig vom ursprünglichen Heizsystem sowie der Anschlusssituation im Dachgeschoss kann es bei der Durchführung einer Aufstockungsmaßnahme notwendig werden, neue Leitungen zu verlegen. Dies ist vor allem problematisch, wenn das Bestandsgebäude während der Bauarbeiten bewohnt bleibt. Durch das nachträgliche Einbringen von Versorgungsleitungen kann es zu Schmutz- und Lärmbelästigungen der Bestandsmieter kommen, siehe hierzu auch Kapitel 9.3.

Sollte es notwendig werden beispielsweise neue Heizleitungen durch den Bestand zu führen, ist darauf zu achten, dass die Leitungen keine störenden Geräusche erzeugen. Folgende Maßnahmen können dies verhindern [14]:

- *Bei Rohrdurchführungen durch Decken und Wände sollten Rohrleitungen mit dauerelastischen Dämmmaterialien ummantelt werden.*
- *Rohrleitungen und Pumpen sollten richtig dimensioniert sein.*
- *Heizleitungen sollten möglichst ausschließlich an Decken und Wänden verlegt werden.*
- *Rohrschellen sollten elastische Dämmeinlagen besitzen.*
- *Rohrleitungsbefestigungen sollten federnd abgehängt werden.*

Zusätzlich sollte bei der Planung der neuen Leitungsführung darauf geachtet werden, dass die Heizleitungen, soweit möglich, im beheizten Bereich verlegt und die Leitungswege so kurz wie möglich gehalten werden. Für eine Aufstockung kann vor allem der erste Punkt zum Problem werden, da es bei der Planung einer Aufstockungsmaßnahme nicht in jedem Fall möglich und sinnvoll ist, die Leitung durch die Bestandswohnungen zu leiten. Sollte eine Verlegung außerhalb des beheizten Raumes geplant werden, beispielsweise durch einen zusätzlichen Schacht an der Außenseite des Gebäudes oder innerhalb unbeheizter Treppenhäuser, sind die Leitungen dementsprechend zu dämmen, um den Wärmeverlust so gering wie möglich zu halten.

Eine nachträgliche Verlegung der Leitungen innerhalb von Wänden ist bei Aufstockungsmaßnahmen problematisch, da die Herstellung von erforderlichen Aussparungen in den Wänden der Wand aus statischer Sicht vorhandene Tragwerksreserven nimmt. Möglich wäre eine Verlegung innerhalb der Wände dementsprechend nur in nichttragenden Wänden, was wiederum für die Wand selbst problematisch sein kann, da nichttragende Innenwände oftmals in geringen Stärken ausgeführt werden und sie bei der Anordnung von Aussparungen möglicherweise ihr Eigengewicht nicht mehr tragen könne. Bei der Verlegung innerhalb der Wand kann es außerdem zu Problemen mit dem Schallschutz kommen.

## 9.2 Baubetrieb

### 9.2.1 HOAI 2013

Im Vergleich zu einem Neubau hängt die Planung beim Bauen im Bestand, also auch bei Aufstockungsmaßnahmen, nicht nur an den individuellen Wünschen des Bauherrn. Ein Planer hat sich bei der Sanierung, dem Umbau oder eben einer Aufstockungsmaßnahme vor allem auch am Bestand zu orientieren. Hierzu zählen die Anforderungen, die sich aus der jeweiligen Bausubstanz ergeben sowie die Maßgaben, die aus der Umgebungsbebauung resultieren. *„Das Bauen im Bestand prägt damit in besonderer Weise die zu erbringende Leistung, die Haftungsrisiken der Auftragnehmer und ihren Werklohn bzw. ihr Honorar.“* [14]

Durch neue Regelungen der HOAI 2013 sollen die Anforderungen sowie auch die daraus resultierenden Verantwortlichkeiten des Planers beim Bauen im Bestand besonders vergütet werden. Die HOAI wurde hierzu überarbeitet und in der Novellierung von 2013 neu strukturiert. Dabei werden die Leistungen von Architekten und Ingenieuren in Leistungsbildern geregelt:

- Flächenplanung,
- Objektplanung und
- Fachplanung.

Das Honorar ergibt sich leistungsbezogen. Jeder, der Leistungen nach den Vorschriften der HOAI erbringt, muss seine Leistungen nach den gleichen Vorschriften verrechnen. [60]

In der Novellierung von 2013 brachte die HOAI zahlreiche Neuregelungen mit sich. Hierzu gehört beispielsweise die (Wieder-) Einführung des Begriffes der mitzuverarbeitenden Bausubstanz bei den anrechenbaren Kosten in §4 Abs. 3. *„Diese Bestimmung wirft - wie auch schon früher - zahlreiche Fragen auf, z.B. die nach der Vorgehensweise bei der Ermittlung der anrechenbaren Kosten oder zu den Möglichkeiten, vorhandene Bausubstanz im Rahmen der Vertragsgestaltung zu berücksichtigen.“* Derartige Fragen sind Gegenstand der GPA-Mitteilung Bau 1/2014 zum Thema „Mitzuverarbeitende vorhandene Bausubstanz“. Berücksichtigt wird die mitzuverarbeitende vorhandene Bausubstanz in der HOAI 2013 nur in den Teilen 3 und 4, Objekt- und Fachplanung. Eine Berücksichtigung bei der Flächenplanung findet nicht statt.

Im Rahmen einer Aufstockungsmaßnahme ist die Regelung der mitzuverarbeitenden vorhandenen Bausubstanz schwierig nachzuvollziehen. Die HOAI berücksichtigt neben der mitzuverarbeitenden vorhandenen Bausubstanz auch Umbau- bzw. Modernisierungszuschläge. Während die mitzuverarbeitende vorhandene Bausubstanz den Honorarverlust eines Architekten ausgleichen soll, der berücksichtigt, dass ein Planer Bausubstanz erhält, statt sie abzurechen und neu zu errichten, dient der Umbau-/Modernisierungszuschlag dem erhöhten Aufwand des Planers bei solchen Maßnahmen. [61]

Tabelle 46 Bestandstypische Leistungen des Tragwerksplaners in den einzelnen Planungsphasen nach [2] (Teil 1)

<i>Phase</i>	<i>Bestandstypische Leistung</i>	<i>Erforderliche Grundlagen</i>
<i>Vorprojektphase</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Machbarkeitsstudien</li> <li>▪ Untersuchung alternativer Konzepte</li> <li>▪ Einfordern von Gutachterleistungen</li> <li>▪ Ggf. Anregung einer Beweissicherung an Bestandsgebäude und Nachbarbebauung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ortsbegehung</li> <li>▪ Sichtung vorhandener Bestandsunterlagen</li> </ul>
<i>Grundlagen-ermittlung</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sichtung vorhandener Bestandsunterlagen</li> <li>▪ Ggf. Veranlassung einer Recherche nach Bestandsunterlagen</li> <li>▪ Sichtung beigelegter Gutachten und Aufzeigen von Defiziten</li> <li>▪ Dokumentation von Einschränkungen</li> <li>▪ Vorgespräche mit Bauaufsichtsbehörden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bestandsgutachten</li> <li>▪ Bestandsvermessung</li> <li>▪ Baugrundgutachten</li> <li>▪ Brandschutzgutachten</li> <li>▪ Schadstoffgutachten</li> </ul>
<i>Vorplanung</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Konzepte für Tragwerk (Eingriffe in den Bestand, Neubaubereiche)</li> <li>▪ Festlegung von Rück- und Umbaumaßnahmen</li> <li>▪ Anforderungen an etwaig erforderlich werdende zusätzliche Bestandsuntersuchungen und zusätzliche Sondergutachten (Wind, Erschütterung, Füge- und Befestigungstechnik)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Überschlägige Bauablaufplanung</li> <li>▪ Lasten- und Durchbruchplanung der Technischen Gebäudeausrüstung</li> </ul>

Tabelle 47 Bestandstypische Leistungen des Tragwerksplaners in den einzelnen Planungsphasen nach [2] (Teil 2)

<i>Phase</i>	<i>Bestandstypische Leistung</i>	<i>Erforderliche Grundlagen</i>
<i>Entwurfsplanung</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abstimmung mit Bauaufsichtsbehörden</li> <li>▪ Überprüfung des bestehenden Tragwerks in Hinblick auf gesteigerte Anforderungen des baulichen Brandschutzes</li> <li>▪ Abstimmung von Kompensationsmaßnahmen wegen Nichterreicherung geforderter Feuerwiderstandsklassen</li> <li>▪ Überprüfung des bestehenden Tragwerks auf Standsicherheitsdefizite wegen ursprünglicher Bemessung nach zwischenzeitlich als unsicher erkanntem Regelwerk</li> <li>▪ Festlegung eines schlüssigen Teilsicherheitskonzeptes mit Prüfsingenieur und Bauaufsicht</li> <li>▪ Ermittlung eines etwaigen Bedarfs an Zustimmung im Einzelfall und Information des Bauherrn</li> <li>▪ Prüfung der Beeinflussung von Lastansätzen für Nachbargebäude und ggf. Information des Bauherrn</li> <li>▪ Recherche zur Anwendbarkeit bauaufsichtlicher Zulassungen für vorhandene und zum Einbau vorgesehener Bauelemente</li> <li>▪ Abstimmung von Konstruktion und Baustellenlogistik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fortgeschriebene Objektplanung mit koordinierter Fachplanung</li> <li>▪ Ggf. Sondergutachten</li> </ul>

Tabelle 48 Bestandstypische Leistungen des Tragwerksplaners in den einzelnen Planungsphasen nach [2] (Teil 3)

<b>Phase</b>	<b>Bestandstypische Leistung</b>	<b>Erforderliche Grundlagen</b>
<i>Genehmigungsplanung</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abstimmung mit Bauaufsichtsbehörden, z.B. zum möglichen</li> <li>▪ Erstellen sämtlicher zur Genehmigung erforderlichen Planungsunterlagen</li> <li>▪ Veranlassung fehlender Bauteiluntersuchungen</li> <li>▪ Berücksichtigung von Mehrlasten infolge Toleranzausgleich im Ausbau</li> <li>▪ Planung von Rückbau und Entsorgung; Erstellen von Arbeitsanweisungen</li> <li>▪ Planerische Erfassung von Bauzuständen (Bauzwischenzustände, Lasten aus Materialtransport, Platzbedarf für Baustelleneinrichtung und Abstützungen)</li> <li>▪ Planung von Verstärkungsmaßnahmen einschließlich Verformungsbegrenzung, Erstellen von Montageanweisungen</li> <li>▪ Vermittlung getroffener Annahmen an alle am Bauprozess Beteiligten</li> <li>▪ Hinweis auf Abhängigkeit getroffener Annahmen vom Ergebnis einer nachfolgenden Bestandsaufnahme</li> <li>▪ Ausarbeiten von Alternativlösungen, sofern die geplante Ausführung vor Ort aufgrund der angetroffenen Bausubstanz nicht realisierbar ist</li> <li>▪ Planung von überwachenden Messungen im Bestand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aktualisiertes Bestandsgutachten</li> </ul>
<i>Ausführungsplanung</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fortlaufende Überprüfung der Situation vor Ort hinsichtlich der Planungsannahmen</li> <li>▪ Überprüfung der Verträglichkeit mit Komponenten des Technischen Ausbaus und der Gebäudetechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aktualisiertes Bestandsgutachten</li> </ul>
<i>Vorbereitung der Vergabe</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mitwirkung bei der lückenlosen Dokumentation aller getroffener Annahmen</li> <li>▪ Regelungen zum Umgang mit Unvorhergesehenem hinsichtlich Kosten und Terminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aktualisiertes Bestandsgutachten</li> </ul>

### 9.3 Bestandsmieter

Der Umgang mit Bestandsmietern stellt einen wichtigen Punkt innerhalb der Planung und Durchführung von Aufstockungsmaßnahmen dar. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts haben sich drei verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, wie im Falle einer Dachaufstockung eines Gebäudes mit Mietwohnungen der Umgang mit Bestandsmietern gelöst werden kann. Die gängigste Möglichkeit ist, dass Bestandsmieter während der Bauzeit im Gebäude verbleiben. Daneben gibt es die Möglichkeit eines kompletten Leerzuges des Gebäudes oder für größere Ensembles, das Nachrücken von Mietern in bereits aufgestockte Nachbargebäude. Eine möglichst geringe Bauzeit ist in allen Fällen anzustreben, um einerseits Mietausfälle bzw. Mietminderungen zu verringern und andererseits die Belastung der Bestandsmieter möglichst gering zu halten.

Um bei einer durchgehenden Vermietung der Bestandswohnungen die Belastung der Mieter auszugleichen, wird in der Regel eine Mietminderung während der Bauzeit vereinbart. Nach der Aufstockungsmaßnahme bewohnen die Mieter eine aufgewertete Wohnung mit meist geringerem Heizenergiebedarf. Es ist von hoher Wichtigkeit, Mietern vor und während der Baumaßnahme Informationen zur Verfügung zu stellen. Hierzu zählen beispielsweise Infoabende und regelmäßige Informationen zum Stand und weitere Planungen der Baumaßnahme. Außerdem sollte eine Möglichkeit des Austausches von Mieterseite aus gegeben sein, wie etwa eine zuständige Person, die für Fragen und Beschwerden der Mieter zur Verfügung steht; dies kann durch die örtliche Bauleitung abgedeckt werden. Es können Versorgungsausfälle bei Strom und Wasser während der Baumaßnahme entstehen, die den Mietern im Vorfeld mitzuteilen sind. Sanierungsarbeiten wie das Aufbringen von Fassadendämmung oder die Erneuerung bestehender Rohrleitungen finden teilweise innerhalb der Wohnung von Bestandsmietern statt und es ist von einer großen Lärmbelastung durch die Bauarbeiten auszugehen. Die im Rahmen dieses Forschungsprojekts untersuchten Aufstockungsmaßnahmen zeigten, dass ein sehr geringer Anteil an Mietern ihre Wohnungen wegen der Belastung durch Aufstockungsmaßnahmen gekündigt haben. Beispielsmaßnahmen innerhalb der BBSR Studie zu Potentialen von Dachaufstockungen bestätigen diesen Trend einer relativ geringen Auszugsquote von Bestandsmietern bei Aufstockungsmaßnahmen. [62]

Die zweite Möglichkeit des Umgangs mit Bestandsmietern ist der komplette Leerzug des Gebäudes zur Aufstockung. Diese Möglichkeit ist mit hohem Aufwand verbunden, zum einen durch die Dauer des Auszugs der Bestandsmieter und zum anderen durch die damit verbundenen Mietausfälle während der Zeit der Aufstockung und des Leerzuges. Angewendet wird die Möglichkeit daher, wenn beispielsweise eine Schadstoffbelastung des Gebäudes vorliegt, eine aufwändige statische Ertüchtigung des Gebäudes hergestellt werden muss oder wenn eine hohe Sanierungstiefe erreicht werden soll.

Die dritte Möglichkeit stellt das Nachrücken von Mietern in bereits aufgestockte Nachbargebäude dar. Voraussetzung hierfür ist, dass mehrere Gebäude gleicher Bauart innerhalb eines Quartiers aufgestockt werden. Hierbei wird ein Gebäude leergezogen und saniert, Mieter eines anderen Gebäudes können anschließend in das aufgestockte Gebäude einziehen. Das dabei leerwerdende Gebäude wird daraufhin aufgestockt und saniert. Sukzessive wird damit das gesamte Quartier erneuert. Hierbei entsteht Mietausfall für ein Gebäude während der Aufstockungsmaßnahmen. Mieter sind allerdings nicht direkt von einer laufenden Baumaßnahme in ihrem Gebäude betroffen und es kann eine tiefgehende Sanierung und statische Ertüchtigung durchgeführt werden.

## 9.4 Weitere Planungshinweise und Prinzipskizzen

Im Folgenden werden einige grundlegende Planungshinweise aufgezeigt, die anhand von Prinzipskizzen deutlich machen sollen, welche Herausforderungen in baukonstruktiver wie bauphysikalischer Hinsicht eine Aufstockungsplanung mit sich bringen kann. Die Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Gewähr für universale Ausführungssicherheit. Eine detaillierte und objektspezifische Planung stellt in jedem Fall die Grundlage für eine funktionale Aufstockungsplanung dar und wird durch die im Folgenden erläuterten Planungshinweise nicht ersetzt.

Die Prinzipskizzen sind in vier Abschnitte unterteilt: die Herstellung einer geeigneten Ausgangslage, die Instandsetzung und den Baubeginn, die Errichtung der Fassade und den Innenausbau. Neben einer kurzen Erläuterung der auftretenden Problematiken sind Skizzen hinzugefügt, die dem Planenden Möglichkeiten aufzeigen sollen, wie die Anschlussdetails ausgeführt werden können. Da jedes Bestandsgebäude spezifische Randbedingungen aufweist, sei jedoch bereits an dieser Stelle angemerkt, dass mit vielfältigen weiteren Problemstellungen zu rechnen ist. Die im Rahmen dieses Forschungsprojektes identifizierten Hemmnisse und Fragestellungen sollen zunächst dafür sensibilisieren, worauf bei der Planung einer Aufstockungsmaßnahme grundsätzlich zu achten ist.

### 9.4.1 Herstellung einer geeigneten Ausgangslage

Vor Beginn der Aufstockungsmaßnahme ist eine geeignete Ausgangslage herzustellen. Zunächst muss das Bestandsdach zurückgebaut und eine neue „Gründungsplatte“ für den Bau der Aufstockung vorbereitet werden. Vor dem Rückbau ist zu überprüfen, ob das Bestandsdach aus schadstoffbelasteten Baustoffen hergestellt wurde. Ist dies anhand der Bestandsunterlagen nicht feststellbar, ist das Bestandsdach auf Schadstoffbelastung zu untersuchen. Anhand der Ergebnisse können anschließend geeignete Maßnahmen zur Schadstoffentfernung und zum Rückbau des Bestandsdaches vorgesehen werden.

Nach dem vollständigen Rückbau der bestehenden Dachkonstruktion gibt es grundsätzlich zwei mögliche Ausgangssituationen für den Bau einer Aufstockung. Erstens, im wiederhergestellten Rohbauzustand bleibt eine Geschossdecke ohne Attika / Aufkantung zurück, siehe Abbildung 36 links. Zweitens eine Geschossdecke mit Attika / Aufkantung dient als neue Gründungsplatte für die Aufstockung, siehe Abbildung 36 rechts.

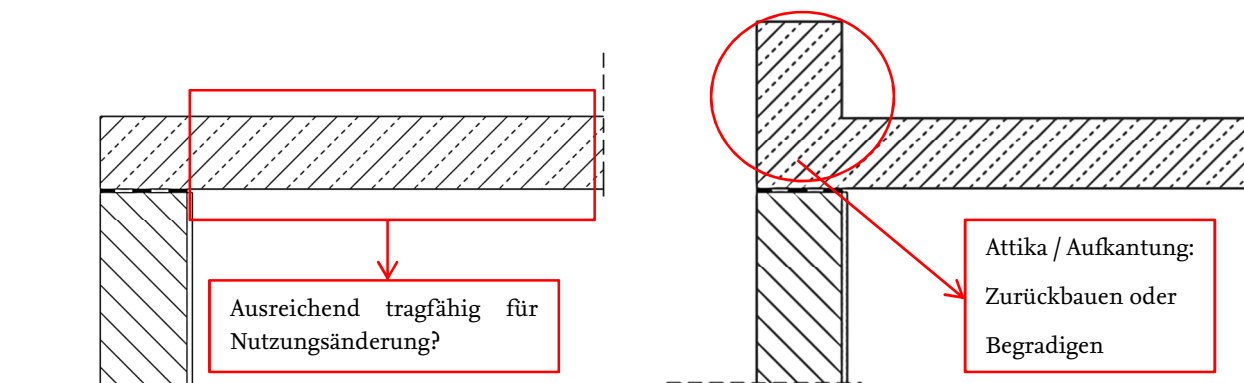


Abbildung 36 Ausgangslage für eine Aufstockungsmaßnahme links, Oberste Geschossdecke ohne und rechts, Oberste Geschossdecke mit Attika / Aufkantung

Für den Fall, dass eine Attika in Mauerwerksbauweise vorhanden ist, ist diese zurückzubauen. Im Anschlussbereich der Aufstockung an den Bestand muss die Aufstockungskonstruktion zur Lagesicherung gegen ein Abheben infolge Windbeanspruchung (Nachweis der Lagesicherheit in allen Last-



fallsituationen) gesichert werden. Eine Attika in Mauerwerksbauweise ist für diese Verankerung i.d.R. nicht ohne zusätzliche Maßnahmen geeignet.

Sollte die Attika / Aufkantung als Stahlbetonkonstruktion vorhanden sein, kann es sich um eine abgeschrägte Konstruktion als Sparrenauflager oder eine ebene Konstruktion handeln. Eine ebene Konstruktion kann grundsätzlich beibehalten werden, sollte aber auf einen ausreichenden Bewehrungsgrad geprüft werden, damit die neuen Beanspruchungen sicher abgetragen werden können. Bei einer abgeschrägten Aufkantung muss eine Begradigung vorgenommen werden. Dies kann entweder durch eine aufgesetzte, ausreichend tragfähig angebrachte Zusatzkonstruktion oder durch das Entfernen des Endbereiches der Aufkantung erreicht werden.

Problematisch bei einer Aufstockungsmaßnahme unter Beibehaltung der Attika / Aufkantung ist der Einbau von bodentiefen Fenstern, zurückspringenden Loggien oder Balkonen. Die Fußbodenaufbauten sowie Aufbauhöhen müssen auf diese Gegebenheiten abgestimmt werden. Es ist ebenfalls möglich, einen Teil der Attika / Aufkantung nachträglich einzuschneiden und zu entfernen.

Die geänderten Einwirkungen aus Eigengewicht, Schnee- und Windlast durch den Rückbau des Bestandsdaches und den Bau einer Aufstockung müssen über die vertikalen Bestandsbauteile, wie Wände und Stützen, abgetragen werden. Eine Aufstockungsmaßnahme ist jedoch mit einer Nutzungsänderung des ehemaligen Dachraumes und somit der obersten Geschossdecke verbunden. Aufgrund dieser Nutzungsänderung muss sichergestellt werden, dass die oberste Geschossdecke ausreichend tragfähig ist, um die geänderten Nutzlasten durch die Wohnnutzung abzutragen. Hinzukommen können außerdem, abhängig von der Grundrissplanung der Aufstockung, Nutzlastzuschläge zur Berücksichtigung leichter Trennwände.

#### 9.4.2 Instandsetzung und Baubeginn

Für eine verkürzte Bauzeit sind Fertigbauweisen, wie z.B. die Holztafelbauart oder die Massivholzbauart, empfehlenswert. Die Verwendung dieser Bauweisen führt zu einer geringeren Beeinträchtigung der Anwohner und senkt i.d.R. die Kosten für die Baustelleneinrichtung.

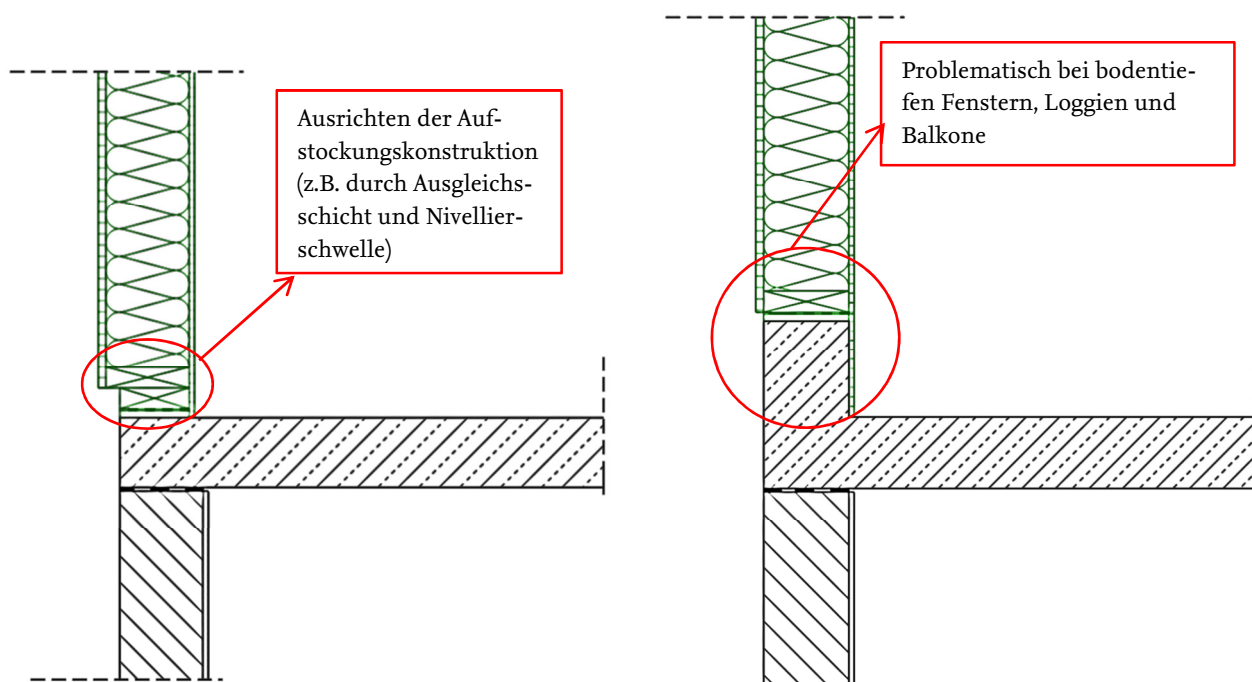


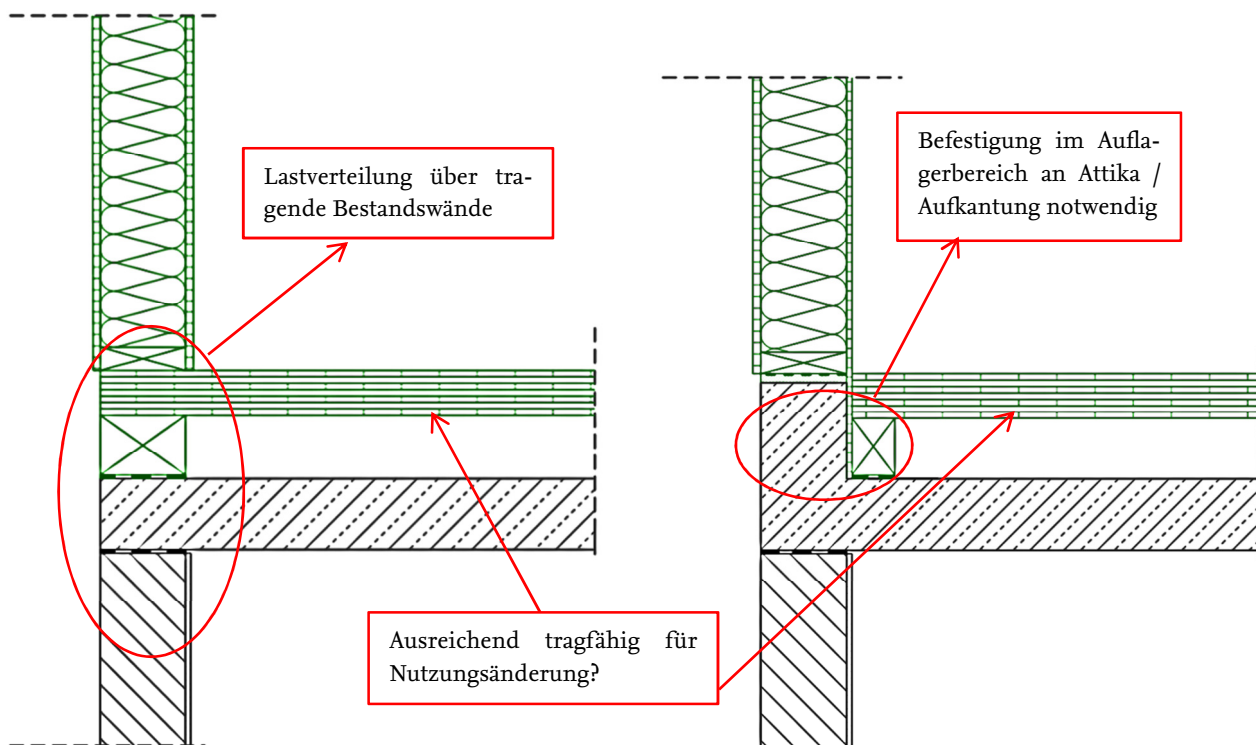
Abbildung 37 Baubeginn einer Aufstockungsmaßnahme in Holztafelbauart links, auf oberster Geschossdecke ohne und rechts, auf oberster Geschossdecke mit Attika / Aufkantung

Durch den Rückbau des Bestandsdaches wird auch die Wetterhaut des Gebäudes beeinträchtigt. Die oberste Geschossdecke liegt frei und Regen kann direkt in die Konstruktion und somit in die darunterliegenden Wohnungen eindringen. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, vor Baubeginn entsprechende Schutzmaßnahmen, wie ein Einhausen mit einer vorübergehenden Zeltkonstruktion oder das Vorsehen von Abdichtungsmaßnahmen in Form von Folien oder ähnlichem, vorzusehen.

Außerdem ist beim Bau einer Aufstockung auf eine horizontale Ausrichtung der Konstruktion auf der Deckenplatte zu achten. Hierzu können Ausgleichsarbeiten an der Decke notwendig werden. Zum Ausrichten der Aufstockungskonstruktion kann jedoch auch eine Ausgleichsschicht, z.B. Mörtel verwendet oder eine Nivellierschwelle angebracht werden. Der sichere Lastabtrag der Aufstockung in den Bestand muss gewährleistet werden.

### Einbau einer neuen lastverteilenden Ebene

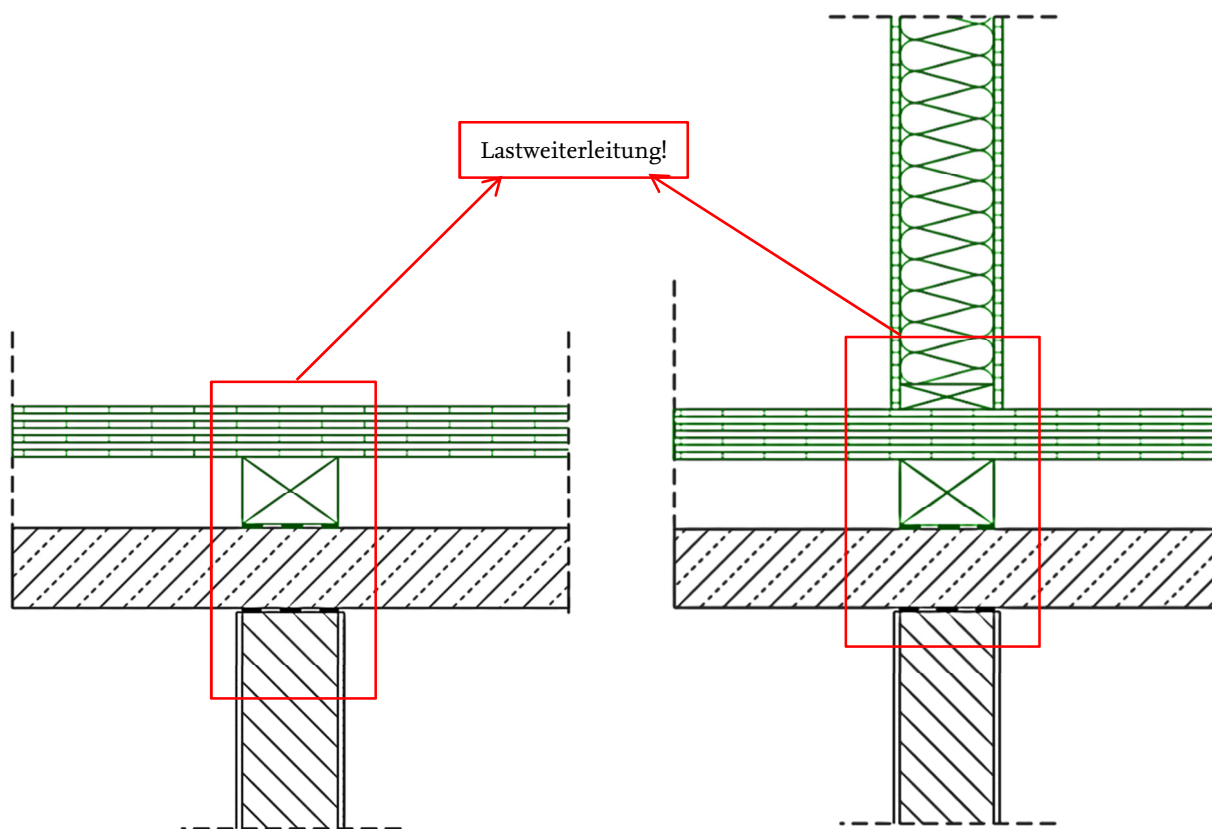
Wird festgestellt, dass die oberste Geschossdecke keine ausreichend tragfähige Grundlage für die geänderte Nutzung darstellt, muss eine neue lastverteilende Ebene geschaffen oder die Decke statisch ertüchtigt werden. Eine lastverteilende Ebene stellt die neue Tragkonstruktion für die Wohnnutzung innerhalb der Aufstockung dar. Sie muss das Eigengewicht des Fußbodenaufbaus sowie die entstehenden Nutzlasten abtragen und sicher in den Bestand weiterleiten. Diese neue Ebene kann z.B. aus einer Gitterrostkonstruktion oder aus Balkenelementen in Verbindung mit einer Plattenkonstruktion bestehen.



**Abbildung 38** Einbau einer neuen lastverteilenden Ebene links, auf oberster Geschossdecke ohne und rechts, auf oberster Geschossdecke mit Attika / Aufkantung

Wenn weitere tragende Wände in der Aufstockung selbst vorgesehen sind, sollten diese über den tragenden Bestandswänden errichtet werden, um einen optimalen Lastabtrag zu garantieren, siehe Abbildung 39. Wenn eine lastverteilende Ebene eingebaut wurde, sind die eingelegten Balken eben-

falls unmittelbar über den tragenden Wänden zu errichten und tragenden Wände in der Aufstockung möglichst mittig über diesen vorzusehen.



*Abbildung 39 Einbau einer neuen lastverteilenden Ebene links, ohne und rechts, mit Weiterführung einer tragenden Wand in der Aufstockung*

Leichte Trennwände im Bereich der Aufstockung können auch im Feldbereich aufgestellt werden, sofern der Tragfähigkeitsnachweis der eingesetzten lastverteilenden Ebene für einen Aufschlag der Nutzlast durch leichte Trennwände eingehalten ist. Wandartige Träger zur Lastabtragung und -weiterleitung der Aufstockungskonstruktion sind auf geeignete lastabtragende Bauteile der Bestandskonstruktion aufzusetzen. Der entstehende Hohlraum zwischen Bestandsdecke und neuer Konstruktion kann genutzt werden, um die Versorgungsleitungen der Aufstockung darin zu verlegen. Dabei ist zu beachten, dass für nachträgliche Reparaturen an den maßgebenden Stellen Revisionsöffnungen vorgesehen werden müssen.

### 9.4.3 Errichtung der Fassade und Ausbildung des Anschlusses Aufstockung / Bestand

Die Anschlussdetails der Aufstockung sind in der Planungsphase genau zu betrachten. Die Aufstockung ist als Neubau an die aktuellen energetischen Standards anzupassen. Wird der Bestand bei der Durchführung einer Aufstockungsmaßnahme nicht gleichzeitig energetisch saniert, können im Anschlussbereich der Aufstockung Wärmebrücken entstehen. Um diese zu vermeiden, muss der Bestand mit flankierender, übergreifender Dämmung versehen werden. Die Flankendämmung muss in der optischen Gestaltung der Fassade berücksichtigt werden. An dieser Stelle sei nochmals die Empfehlung ausgesprochen, bei einer geplanten Aufstockung den Bestand ebenfalls energetisch zu sanieren, um mit den Anschlusssituationen gewissenhaft umgehen zu können und den äußeren Eindruck des Gebäudes an die Aufstockung anpassen zu können. Im Anschlussbereich der Aufstockungskonstruktion sind viele baukonstruktive und bauphysikalische Aspekte zu berücksichtigen, für die es

frühzeitig eine spezifische Lösung zu finden gilt. Die Integration von Fachplanern des Bereiches Tragwerksplanung und Bauphysik ist bereits in einer frühen Planungsphase unabdingbar.

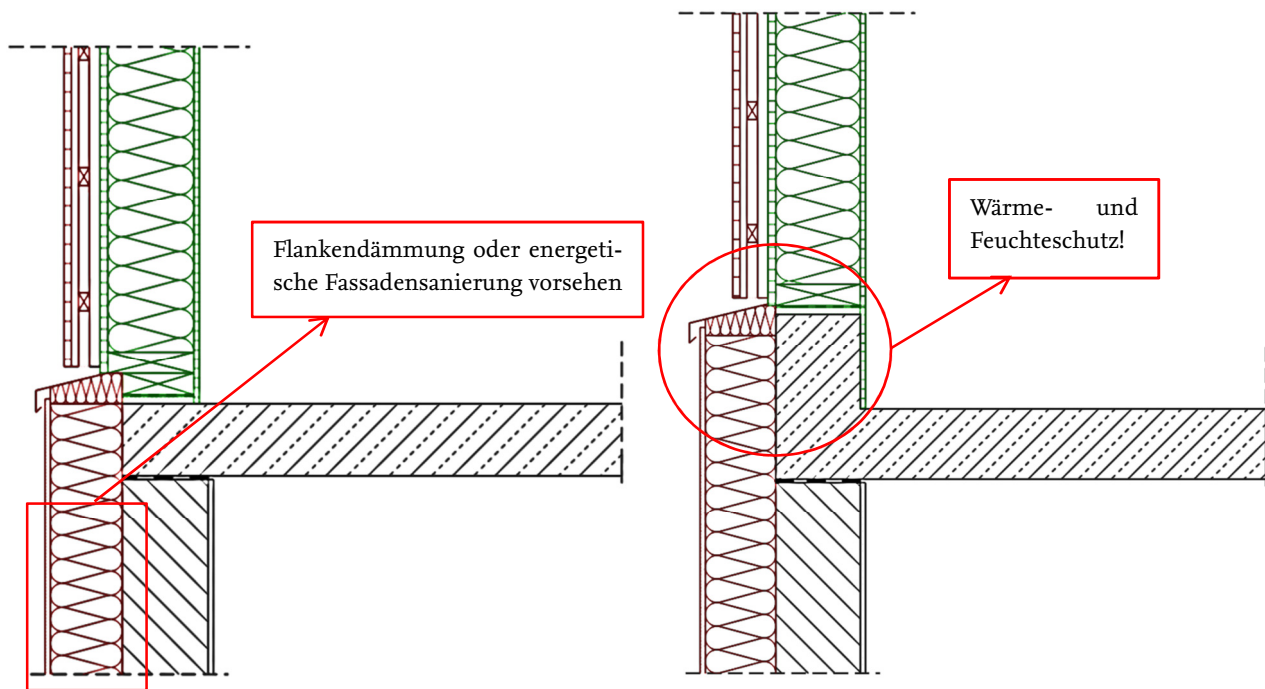


Abbildung 40 Errichtung der Fassade und Ausbildung des Anschlusses Aufstockung / Bestand links, auf oberster Geschossdecke ohne und rechts, auf oberster Geschossdecke mit Attika / Aufkantung

#### 9.4.4 Innenausbau

Beim Innenausbau muss darauf geachtet werden, dass der Schallschutz der ehemaligen obersten Geschossdecke, also der neuen Wohnungstrenndecke, verbessert wird. Problematisch ist dies dahingehend, dass neue Bauteilschichten, wie schwimmender Estrich oder Trittschalldämmung, zusätzliche Eigenlasten auf die Bestandsdecke aufbringen. Dies muss statisch überprüft werden; gegebenenfalls ist eine neue lastverteilende Ebene vorzusehen, wie in 9.4.2 beschrieben. Diese entlastet die Bestandsdecke und trägt die vertikalen Lasten unmittelbar über die tragenden Bestandswände ab. Zusätzlich bietet die neue Ebene den Vorteil, dass sie im Vergleich zur Bestandsdecke durch geeignete Maßnahmen schallschutztechnisch entkoppelt werden kann.

Ein weiterer wichtiger Punkt, der bereits bei der Planung zu berücksichtigen ist, sind die neuen Versorgungsleitungen, welche entweder durch den Bestand – z.B. durch nachträglich eingebrachte Öffnungen in der Bestandsdecke – oder durch außenliegende Schächte in die Aufstockung geführt werden müssen. Wie in 9.4.2 bereits erläutert, können diese Leitungen beim Einbau einer neuen lastverteilenden Ebene im Hohlraum zwischen neuer und alter Konstruktion verlegt werden. Doch auch diese Leitungen müssen zunächst durch die Bestandsdecke hindurchgeführt werden, wobei besonders bauphysikalische und brandschutztechnische Aspekte zu berücksichtigen sind.

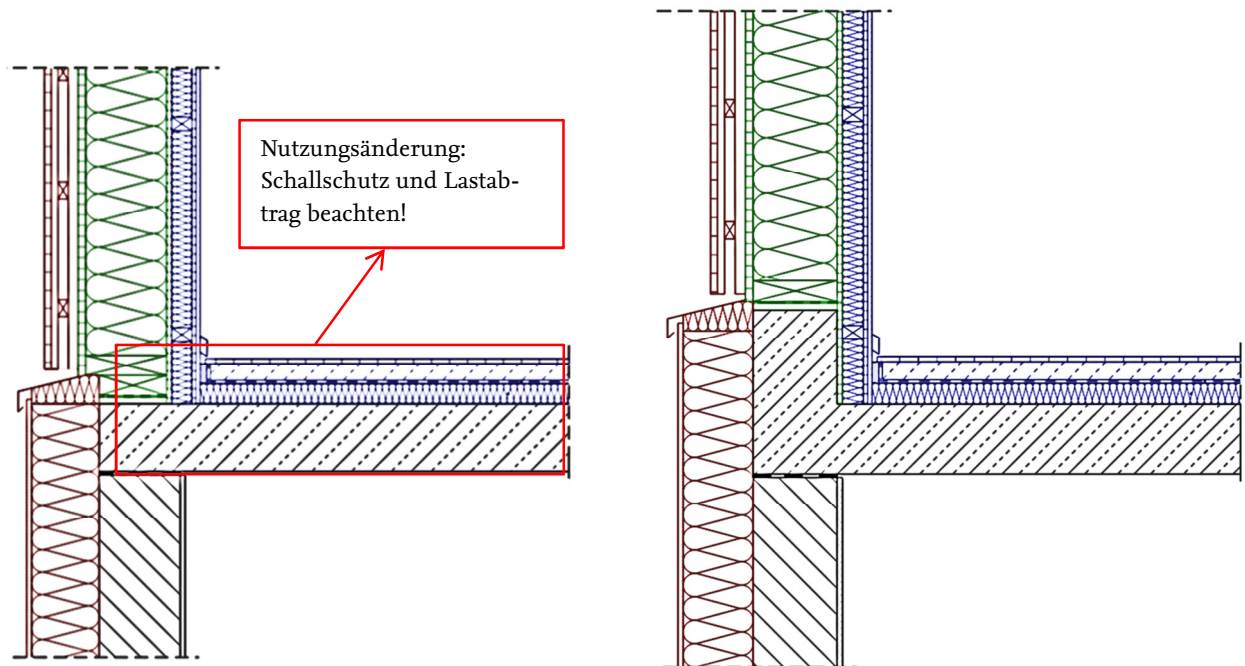


Abbildung 41 Innenausbau einer Aufstockung links, auf oberster Geschossdecke ohne und rechts, auf oberster Geschossdecke mit Attika / Aufkantung

## 9.5 Normative Hinweise zum Bauen im Bestand

### 9.5.1 Gründungen und erdberührte Bauteile

DIN 1045	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
DIN EN 206	Beton
DIN 1054	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 4095	Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung
DIN 4123	Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude
DIN EN 12716	Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Düsenstrahlverfahren (Hochdruckinjektion, Hochdruckbodenvermörtelung, Jetting)
DIN 4017	Baugrund - Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen
DIN 18195-4	Bauwerksabdichtungen - Teil 4: Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nichtstauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung
Zusätzlich DIN 18533	Abdichtung von erdberührten Bauteilen
DIN 18195-5	Bauwerksabdichtungen - Teil 5: Abdichtungen gegen nicht drückendes Wasser auf Deckenflächen und in Nassräumen; Bemessung und Ausführung



DIN 18195-6	Bauwerksabdichtungen - Teil 6: Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser; Bemessung und Ausführung
DIN 18195-10	Bauwerksabdichtungen - Teil 10: Schutzschichten und Schutzmaßnahmen
DIN 1053	Mauerwerk, zum Teil zurückgezogen und ersetzt durch:
DIN EN 1996	Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk

### 9.5.2 Außenwände

DIN 1045	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
DIN EN 1996	Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN 4108-2	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
DIN 4108-3	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise
DIN 4172	Maßordnung im Hochbau
DIN 18807	Trapezprofile im Hochbau; Stahltrapezprofile; Allgemeine Anforderungen, Ermittlung der Tragfähigkeitswerte durch Berechnung
DIN EN 12326	Schiefer und andere Natursteinprodukte für überlappende Dachdeckungen und Außenwandbekleidung
DIN EN 13162	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) - Spezifikation
DIN EN 13501	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
DIN EN ISO 13788	Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren
DIN EN ISO 6946	Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren
DIN EN 206	Beton

### 9.5.3 Innenwände

DIN 105	Mauerziegel (nur noch in Teilen gültig)
DIN EN 771	Festlegung für Mauersteine (Nachfolgedokument zu DIN 105)
DIN V 106	Kalksandsteine mit besonderen Eigenschaften
DIN 1053	Mauerwerk, zum Teil zurückgezogen und ersetzt durch:
DIN EN 1996	Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
DIN 1045	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
DIN EN 206	Beton
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN EN 13501	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
DIN 4103-1	Nichttragende innere Trennwände; Anforderungen, Nachweise - Teil 1: Anforderungen und Nachweise
DIN 4103-2	Nichttragende innere Trennwände - Teil 2: Trennwände aus Gips-Wandbauplatten
DIN 4103-4	Nichttragende innere Trennwände; Unterkonstruktion in Holzbauart
DIN 4108-2	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
DIN 4108-3	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
DIN 4108-4	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
DIN 4108-10	Wärmeschutz- und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe - Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise
DIN 4172	Maßordnung um Hochbau
DIN EN 13162	Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) - Spezifikation
DIN 18183-1	Trennwände und Vorsatzschalen aus Gipsplatten mit Metallunterkonstruktionen - Teil 1: Beplankung mit Gipsplatten

#### 9.5.4 Decken

DIN 1045	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
DIN EN 1995-1-1	Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
DIN 68800-2	Holzschutz - Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN EN 13501	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
DIN 4108	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
DIN 4158	Zwischenbauteile aus Beton, für Stahlbeton- und Spannbetondecken DIN zurückgezogen - Nachfolger DIN EN 15037-2
DIN 4159	Ziegel für Decken und Vergusstafeln, statisch mitwirkend
DIN 4160	Ziegel für Decken, statisch nicht mitwirkend DIN zurückgezogen - Nachfolger DIN EN 15037-3
DIN 4223	Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton DIN größtenteils zurückgezogen - Nachfolger DIN EN 12602
DIN EN 1992-1-1	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
DIN EN 1504	Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken

#### 9.5.5 Treppen

DIN 18065	Gebäudetreppen - Begriffe, Messregeln, Hauptmaße
-----------	--

#### 9.5.6 Geneigte Dächer

DIN 1055	Einwirkungen auf Tragwerke (nur noch in Teilen gültig)
DIN EN 1991 1-4	Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen (gilt noch parallel zu nachfolgender DIN)
DIN EN 13501	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten



DIN 4108-3	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
DIN 1986-100	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056
DIN EN 612	Hängedachrinnen mit Aussteifung der Rinnenvorderseite und Regenrohre aus Metallblech mit Nahtverbindung
DIN EN 752	Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden
DIN EN 12056-3	Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden - Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung

### 9.5.7 Flache Dächer

DIN 1045	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
DIN 1055	Einwirkungen auf Tragwerke (nur noch in Teilen gültig)
DIN EN 1991 1-4	Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten
DIN 1986-100	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056
DIN EN 612	Hängedachrinnen mit Aussteifung der Rinnenvorderseite und Regenrohre aus Metallblech mit Nahtverbindungen
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen (gilt noch parallel zu nachfolgender DIN)
DIN EN 13501	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
DIN 4108	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
DIN 18531	Dachabdichtungen - Abdichtungen für nicht genutzte Dächer
DIN 18195-1	Bauwerksabdichtungen - Teil 1: Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten DIN zurückgezogen - Nachfolger DIN 18531
DIN EN 752	Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden
DIN EN 12056-3	Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden - Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung

### **9.5.8 Abgasanlagen und Schächte**

DIN V 18160-1	Abgasanlagen - Teil 1: Planung und Ausführung
DIN EN 1856-1	Abgasanlagen - Anforderungen an Metall-Abgasanlagen - Teil 1: Bauteile für System-Abgasanlagen
DIN EN 1856-2	Abgasanlagen - Anforderungen an Metall-Abgasanlagen - Teil 2: Innenrohre und Verbindungsstücke aus Metall
DIN 18160-5	Abgasanlagen - Teil 5: Einrichtungen für Schornsteinfegerarbeiten; Anforderungen, Planung und Ausführung

**Anhang A Gebäudetypologie***Tabelle 49 Übersicht über die angefertigte Gebäudetypologie*

Bezeichnung	Baualter	Kategorie
D - KH	1949 – 1957	Kleine Häuser
E - KH	1958 – 1968	
F - KH	1969 – 1978	
G - KH	1979 – 1983	
H - KH	1984 - 1994	
D - GH	1949 – 1957	Große Häuser
E - GH	1958 – 1968	
F - GH	1969 – 1978	
G - GH	1979 – 1983	
H - GH	1984 - 1994	

Anhang A.1 Bestandsdatenblätter D

Kleine Häuser

Tabelle 50 Allgemeine Daten – Kleine Häuser Baualtersklasse D (1949-1957) [8]

Zeitraum 1949 - 1957	EFH_D	RH_D
Beispielsgebäude		
Beheizte Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	101	136
Anzahl Vollgeschosse	1	2
Anzahl Wohnungen	1	1
Heizbedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	182	152
Wärmeverlust der Gebäudehülle im Winter		

Tabelle 51 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Kleine Häuser Baualtersklasse D (1949-1957) [8]

Konstruktion	Beschreibung (EFH D)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Beschreibung (RH D)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Mängel und Schäden
<b>Dach / oberste Geschossdecke</b>	Steildach, mit Holzsparren, ausgemauertes Gefach	1,4	Steildach, Holzbal-kendecke	0,8	Fehlende Feuchteabdichtung; Dachdeckung; Dachaufbauten; Schadhafte Regenrinne, Kamine beschädigt
<b>Außenwand</b>	Zweischaliges Mauerwerk	14	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln oder Gitterziegeln	1,2	Durchfeuchtung, besonders bei Kellerwänden; Rissbildung
<b>Fenster</b>	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	2,8	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	2,8	Einfachverglasung mit unzureichendem Wärme- und Schallschutz; Schadhafte Beschläge; Undichter Blend- und Flügelrahmen
<b>Fußboden / Decke</b>	Stahlbetondecke mit Dielenfußboden	1,0	Ippendecke, Stahlsteindecke, Gitterträgerdecke	2,1	Gerissene Deckenputze; Schädlingsbefall
<b>Gründung</b>	Stahlbetonfundament	2-3,4	Stahlbetonfundament	2-3,4	Rissbildungen; Durchfeuchtung; Setzungen

Große Häuser

Tabelle 52 Allgemeine Daten – Große Häuser Baualtersklasse D (1949-1957) [8]





Zeitraum 1949 - 1957	MFH_D	GMH_D
Beispielsgebäude		
Beheizte Wohnfläche [m²]	575	1457
Anzahl Vollgeschosse	3	5
Anzahl Wohnungen	9	20
Heizbedarf [kWh/(m²a)]	154	140
Wärmeverlust der Gebäudehülle im Winter		

Tabelle 53 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Große Häuser Baualtersklasse D (1949-1957) [8]

Konstruktion	Beschreibung (MFH D)	U-Wert [W/(m²K)]	Beschreibung (GMH D)	U-Wert [W/(m²K)]	Mängel und Schäden
<b>Dach / oberste Geschossdecke</b>	Steildach, Stahlbetondecke, 5 cm Dämmung	1,6	Steildach Stahlbetondecke, 1 cm Dämmung	1,6	Fehlende Feuchteabdichtung; Dachdeckung; Dachaufbauten; Schadhafte Regenrinnen; Kamine beschädigt
<b>Außenwand</b>	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln, Gitterziegeln	1,2	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln, Gitterziegeln	1,2	Durchfeuchtung, besonders bei Kellerwänden; Rissbildung
<b>Fenster</b>	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Einfachverglasung mit unzureichendem Wärme- und Schallschutz; Schadhafte Beschläge; Undichte Blend- und Flügelrahmen
<b>Fußboden / Decke</b>	Stahlbetondecke	2,2	R	2,1	Gerissene Deckenputze; Schädlingsbefall bei Holzkonstruktionen
<b>Gründung</b>	Stahlbetonfundament	2-3,4	Stahlbetonfundament	2-3,4	Rissbildungen; Durchfeuchtung; Setzungen

Tabelle 54: Bauteiltabelle Baualterklasse D [63] (S.76), [64] (S.29), [1] (S.23), [65] (S.119)

Bauteile	Typische Konstruktionsmerkmale
Außenwände	▪ Voll- und Hohlziegel
	▪ Beton als Leicht-, Ziegelsplittbeton
	▪ Material- und gewichtssparend
	▪ Schlechte Materialqualität
	▪ Wandstärke ca. 15-30 cm
	▪ Schlichte Putzfassaden, selten Verblendmauerwerk
Innenwände	▪ Tragende Wände in der Regel aus Mauerwerk
	▪ Trennwände in Leichtbauweise, vorwiegend aus Gips
Dächer	▪ Sattel- und Flachdach
	▪ Massiv- und Holzkonstruktion
	▪ Verringerte Stützweiten
	▪ Tonziegel und Betonschindeln als Deckung
	▪ Sparren sichtbar oder mit Mineralwolle verkleidet und verputzt
Decken	▪ Ortbeton- und Holzdecke
Fenster	▪ Ein- bis zweiflügelig
	▪ Holzfenster mit Einfachverglasung
	▪ Minderwertige Holzarten
	▪ Selten Verbundfenster
Boden- und Deckenbeläge	▪ Oberseitig mit Dielung oder Estrich
	▪ Selten Linoleum
	▪ Nassräume mit Fliesen oder Terrazzo
Gründungen	▪ Betonstein
	▪ Stampfbeton

Tabelle 55: Typische Mängel und Schäden Baualterklasse D [64] (S.28/165)

Bauteile	Typische Mängel und Schäden
<b>Außenwände</b>	▪ Durchfeuchtung, besonders bei Kellerwänden
	▪ Rissbildung
<b>Innenwände</b>	▪ Geringe Wandstärken
	▪ Putzschäden
	▪ Unzureichende Brand- und Schallschutz
<b>Dächer</b>	▪ Schädlingsbefall
	▪ Fehlende Feuchteabdichtung, Dachdeckung, Dachaufbauten
	▪ Beschädigte Kamine
	▪ Schadhafte Regenrinne und Fallrohre
<b>Decken</b>	▪ Gerissene Deckenputze
	▪ Schädlingsbefall bei Holzkonstruktionen
<b>Fenster</b>	▪ Undichte Blend- bzw. Flügelrahmen
	▪ Verzogene oder verfaulte Fenster, Fensterbänke
	▪ Schadhafte Beschläge und Schlösser
	▪ Einfachverglasung mit unzureichendem Wärme- und Schallschutz
	▪ Beschädigte Roll- und Klappläden
<b>Heizung</b>	▪ Einzelöfen
	▪ Versottete Kamine
	▪ Überdimensionierte Leitungen
<b>Gründungen</b>	▪ Setzungen
	▪ Durchfeuchtung
	▪ Rissbildung





Anhang A.2 Bestandsdatenblätter E

Kleine Häuser

Tabelle 57 Allgemeine Daten – Kleine Häuser Baualtersklasse E (1958-1968) [8]





Zeitraum 1958 - 1968	EFH_E	RH_E
Beispielsgebäude		
Beheizte Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	110	107
Anzahl Vollgeschosse	1	2
Anzahl Wohnungen	1	1
Heizbedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	180	104
Wärmeverlust der Gebäudehülle im Winter		

Tabelle 58 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Kleine Häuser Baualtersklasse E (1958-1968) [8]

Konstruktion	Beschreibung (EFH E)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Beschreibung (RH E)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Mängel und Schäden
<b>Dach / oberste Geschossdecke</b>	Steildach, Stahlbetondecke, 5 cm Dämmung	0,6	Flachdach Betondecke, 5 cm Dämmung	0,6	Unzureichende Dämmung der Steil- und Flachdächer; Undichtigkeiten bei Flachdächern
<b>Außenwand</b>	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln, Gitterziegeln	1,2	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln, Gitterziegeln	1,2	Unzureichende oder beschädigte Wärmedämmung; Durchfeuchtete Kellerwände; Fensterbrüstungen mit Wärmebrücken
<b>Fenster</b>	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Mangelhafter Wärme- und Schallschutz; Einfachverglasung; Ungedämmte Metallfenster ohne thermische Trennung
<b>Fußboden / Decke</b>	Stahlbetondecke, 1 cm Dämmung	1,6	Betondecke, 1 cm Dämmung	1,6	Mangelhafte Trittschalldämmung
<b>Gründung</b>	Stahlbetonfundament	2-3,4	Stahlbetonfundament	2-3,4	Rissbildung; Durchfeuchtung

Große Häuser

Tabelle 59 Allgemeine Daten – Große Häuser Baualtersklasse E (1958-1968) [8]




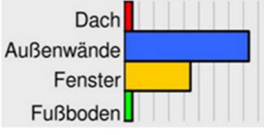
Zeitraum 1958 - 1968	MFH_E	GMH_E
Beispielsgebäude		
Beheizte Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	2845	3534
Anzahl Vollgeschosse	4	8
Anzahl Wohnungen	32	48
Heizbedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	127	129
Wärmeverlust der Gebäudehülle im Winter		

Tabelle 60 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Große Häuser Baualtersklasse E (1958-1968) [8]

Konstruktion	Beschreibung (MFH E)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Beschreibung (GMH E)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Mängel und Schäden
Dach / oberste Geschossdecke	Steildach, Stahlbetondecke, 5 cm Dämmung	0,6	Steildach, Stahlbetondecke, 5 cm Dämmung	0,6	Unzureichende Dämmung der Steil- und Flachdächer; Undichtigkeiten bei Flachdächern
Außenwand	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln, Gitterziegeln	1,2	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln, Gitterziegeln	1,2	Unzureichende oder beschädigte Wärmedämmung; Durchfeuchtete Kellerwände; Fensterbrüstungen mit Wärmebrücken
Fenster	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Mangelhafter Wärme- und Schallschutz; Einfachverglasung; Ungedämmte Metallfenster ohne thermische Trennung
Fußboden / Decke	Stahlbetondecke, 1 cm Dämmung	1,6	Stahlbetondecke, 1 cm Dämmung	1,6	Mangelhafte Trittschalldämmung
Gründung	Stahlbetonfundament	2-3,4	Stahlbetonfundament	2-3,4	Rissbildung; Durchfeuchtung

## Bauteiltabelle

*Tabelle 61: Bauteiltabelle Baualtersklasse E [63] (S.76), [64] (S.30), [1] (S.23), [65] (S.119)*

Bauteile	Typische Konstruktionsmerkmale
<b>Außenwände</b>	▪ Lochziegeln, Betonsteinen oder Kalksandsteinen
	▪ Fassadenbekleidungen
	▪ Betonsandwichelemente mit Kerndämmung
	▪ Wandstärke ca. 20-30 cm
<b>Innenwände</b>	▪ Tragende Wände in der Regel aus Mauerwerk
	▪ Trennwände in Leichtbauweise, vorwiegend aus Gips
<b>Dächer</b>	▪ Sattel- und Flachdach
	▪ Massiv- und Holzkonstruktion
	▪ Tonziegel und Betonschindeln als Deckung
<b>Decken</b>	▪ Stahlbeton in Ort- und Fertigteilbauweise
	▪ Betondecke mit schwimmendem Estrich
<b>Fenster</b>	▪ Holz, Aluminium- und Kunststofffenster
	▪ Großformatige Fensteröffnung
	▪ Einfach- und Isolierverglasung
<b>Boden- und Deckenbeläge</b>	▪ Oberseitig mit Dielung oder Estrich
	▪ Nassräume mit Fliesen, Terrazzo oder PVC-Bodenbeläge
<b>Gründungen</b>	▪ Betonstein
	▪ Stahlbeton

## Mängel und Schäden

*Tabelle 62: Typische Mängel und Schäden Baualterklasse E [64] (S.31/165), [66]*





Bauteile	Typische Mängel und Schäden
<b>Außenwände</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unzureichende oder beschädigte Wärmedämmung</li> <li>▪ Durchfeuchtete Kellerwände</li> <li>▪ Fensterbrüstungen mit Wärmebrücken</li> </ul>
<b>Innenwände</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geringe Wandstärken</li> <li>▪ Mangelhafter Schallschutz</li> </ul>
<b>Dächer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unzureichende Dämmung der Steil und Flachdächer</li> <li>▪ Undichtigkeiten bei Flachdächern</li> </ul>
<b>Decken</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mangelhafte Trittschalldämmung</li> </ul>
<b>Fenster</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mangelhafter Wärme- und Schallschutz</li> <li>▪ Einfachverglasung</li> <li>▪ Verzogene Fensterrahmen</li> <li>▪ Ungedämmte Metallfenster ohne thermische Trennung</li> </ul>
<b>Heizung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Überwiegend veraltete Zentralheizungen</li> <li>▪ Mangelhafte Steuerungsmöglichkeiten</li> </ul>
<b>Gründungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Setzungen</li> <li>▪ Durchfeuchtung</li> <li>▪ Rissbildungen</li> </ul>



**Anhang A.3 Bestandsdatenblätter F**

**Kleine Häuser**

*Tabelle 64 Allgemeine Daten – Kleine Häuser Baualtersklasse F (1969-1978) [8]*

Zeitraum 1969 - 1978	EFH_F	RH_F
Beispielsgebäude		
Beheizte Wohnfläche [m²]	158	97
Anzahl Vollgeschosse	1	2
Anzahl Wohnungen	1	1
Heizbedarf [kWh/(m²a)]	153	124
Wärmeverlust der Gebäudehülle im Winter		

*Tabelle 65 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Kleine Häuser Baualtersklasse F (1969-1978) [8]*

Konstruktion	Beschreibung (EFH F)	U-Wert [W/(m²K)]	Beschreibung (RH F)	U-Wert [W/(m²K)]	Mängel und Schäden
<b>Dach / oberste Geschossdecke</b>	Flachdach, Stahlbeton, mit 6 cm Dämmung	0,5	Steildach, Stahlbeton, mit 5 cm Dämmung	0,6	Mangelhafte Wärmedämmung; Flachdächer mit undichten Anschlüssen
<b>Außenwand</b>	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Leicht-Hochlochziegeln, Gitterziegeln	1,0	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Leicht-Hochlochziegeln, Gitterziegeln	1,1	Mangelhafter Schallschutz; Wärmebrücken an Balkon-/Loggien-Anschlüssen; Betonabplatzungen
<b>Fenster</b>	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	2,8	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Unzureichender Wärmeschutz; Ungedämmte Metallfenster; Verzogene Fensterflügel
<b>Fußboden / Decke</b>	Stahlbetondecke mit 2 cm Dämmung, Zementestrich	1,0	Stahlbetondecke mit 2 cm Dämmung, Zementestrich	1,0	Wärmebrücken bei auskragenden Teilen
<b>Gründung</b>	Stahlbetonfundament	0,5-3,2	Stahlbetonfundament	0,5-3,2	Rissbildung; Durchfeuchtung

## Große Häuser

Tabelle 66 Allgemeine Daten – Große Häuser Baualterklasse F (1969-1978) [8]





Zeitraum 1969 - 1978	MFH_F	GMH_F
Beispielsgebäude		
Beheizte Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	426	3020
Anzahl Vollgeschosse	4	8
Anzahl Wohnungen	8	48
Heizbedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	131	115
Wärmeverlust der Gebäudehülle im Winter		

Tabelle 67 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Große Häuser Baualterklasse F (1969-1978) [8]

Konstruktion	Beschreibung (MFH F)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Beschreibung (GMH F)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Mängel und Schäden
<b>Dach / oberste Geschossdecke</b>	Flachdach, Stahlbeton, mit 5 cm Dämmung	0,6	Flachdach, Stahlbeton, mit 5 cm Dämmung	0,6	Mangelhafte Wärmedämmung; Flachdächer mit undichten Anschlüssen
<b>Außenwand</b>	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Leicht-Hochlochziegeln, Gitterziegeln	1,0	Betonfertigteile	1,1	Mangelhafter Schallschutz; Wärmebrücken an Balkon-/Loggien-Anschlüssen; Betonabplatzungen
<b>Fenster</b>	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Unzureichender Wärmeschutz; Ungedämmte Metallfenster; Verzogene Fensterflügel
<b>Fußboden / Decke</b>	Stahlbetondecke mit 2 cm Dämmung, Zementestrich	1,0	Stahlbetondecke mit 2 cm Dämmung, Zementestrich	1,0	Wärmebrücken bei auskragenden Teilen
<b>Gründung</b>	Stahlbetonfundament	0,5-3,2	Stahlbetonfundament	0,5-3,2	Rissbildung; Durchfeuchtung

## Bauteiltabelle

Tabelle 68: Bauteiltabelle Baualterklasse F [4] (S.76), [9] (S.32), [11] (S.23)

Bauteile	Typische Konstruktionsmerkmale
Außenwände	▪ Industriell vorgefertigte Stahlbetonbauteile
	▪ Mauerwerk aus Lochziegeln
	▪ Betonsandwichelemente mit Kerndämmung
	▪ Wandstärke ca. 30-40 cm
Innenwände	▪ Aus Mauerwerk oder Beton
	▪ Trennwände in Leichtbauweise, vorwiegend aus Gips
Dächer	▪ Vermehrt Flachdächer
	▪ Stahlbeton
Decken	▪ Beton oder Stahlbeton
	▪ Betondecke mit schwimmendem Estrich
Fenster	▪ Holz, Aluminium- und Kunststofffenster
	▪ Großformatige Fensteröffnung
	▪ Isolierverglasung
Boden- und Deckenbeläge	▪ Nassräume mit Fliesen
	▪ PVC-Bodenbeläge
Gründungen	▪ Stahlbeton



## Mängel und Schäden

*Tabelle 69: Typische Mängel und Schäden Baualterklasse E [9] (S.31/165)*

Bauteile	Typische Mängel und Schäden
Außenwände	▪ Mangelhafter Schallschutz
	▪ Betonabplatzungen
	▪ Wärmebrücken an Balkon-/Loggien-Anschlüssen
Innenwände	▪ Mangelhafter Schallschutz
Dächer	▪ Mangelhafte Wärmedämmung
	▪ Flachdächer mit undichten Anschlüssen
Decken	▪ Wärmebrücken bei auskragenden Teilen
Fenster	▪ Unzureichender Wärmeschutz
	▪ Ungedämmte Metallfenster
	▪ Verzogene Fensterflügel
Heizung	▪ Ungenügende Steuerungseinrichtungen
	▪ Veraltete Wärmeerzeuger
Gründungen	▪ Durchfeuchtung
	▪ Rissbildungen

Tabelle 70 Schadstoffbelastungen der Jahre 1969-1978

Bauteil		Schadstoff	Schadstoff										
			Asbest	KMF	PCB	Formaldehyd	PAK	PCP	Lindan	DDT	Schwermetalle	VOC	
Wände	Außen	Mauerwerk											
		Holz				x		x	x	x			
		Dämmung		x									
		Putz											
		Beschichtung											
		Dichtung			x		x						
	Fassade	x											
	Innen	Holz				x		x	x	x			
		Dämmung											
		Beschichtung											
Putz													
Decken	Holzestrich												
	Holz					x	x		x	x	x		
	Estrich			x									
	Dämmung												
Oberflächen	Boden	Estrich	x										
		Floor-Flex-Platten	x										
		Holz			x			x	x	x			
		Parkettkleber					x						
	Wände	Anstiche					x						
		PVC-Fliesen											
		Tapeten											
		Pappen	x										
Holzverkleidung				x			x	x	x				
Dächer	Deckung	Ziegel											
		Schindeln	x										
		Wellplatten	x										
	Aufbau	Dämmung		x									
		Abdichtung					x						
		Holz				x		x	x	x			
		Teerpappe					x						
Sonstige Einbauten	Treppen							x	x	x	x		
	Türen			x	x						x		
	Fenster				x						x		
	Fensterbänke			x							x		
Heizung	Heizkörper			x									
	Heizleitungen			x									
	Dämmung			x	x								
Sanitär	Wasserleitungen										x		
	Dämmung				x								

## Anhang A.4 Bestandsdatenblätter G-H

## Einfamilienhäuser

Tabelle 71 Allgemeine Daten – Einfamilienhäuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8]




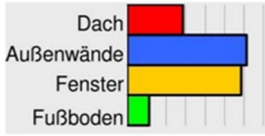
Zeitraum 1979 - 1994	EFH_G	EFH_H
Beispielsgebäude		
Beheizte Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	196	137
Anzahl Vollgeschosse	2	1
Anzahl Wohnungen	1	1
Heizbedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	120	132
Wärmeverlust der Gebäudehülle im Winter		

Tabelle 72 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Einfamilienhäuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8]

Konstruktion	Beschreibung (MFH G)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Beschreibung (MFH H)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Mängel und Schäden
<b>Dach / oberste Geschossdecke</b>	Steildach mit 8 cm Dämmung	0,5	Steildach mit 12 cm Dämmung	0,4	Schadhafte Dachanschlüsse, Spröde Kunststoffbahnen
<b>Außenwand</b>	Mauerwerk aus Leicht-Hochlochziegeln, Leichtmörtel	0,8	Mauerwerk aus Porenbetonsteinen, Leichtmörtel	0,5	Blasenbildung; Betonabplatzungen; Wärmebrücken an Balkon-/Loggien-Anschlüssen
<b>Fenster</b>	Metallrahmenfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	4,3	Alu-Fenster mit thermischer Trennung und Zweischeiben-Isolierverglasung	3,2	Wärmeschutz von Fenstern und Rahmen nicht ausreichend; Ungedämmte Rollladenkästen
<b>Fußboden / Decke</b>	Stahlbetondecke mit 4 cm Dämmung, Zementestrich	0,8	Stahlbetondecke mit 6 cm Dämmung, Zementestrich	0,6	Wärmebrücken bei auskragenden Teilen
<b>Gründung</b>	Stahlbetondundament	0,3-3,0	Stahlbetonfundament	0,3-3,0	Rissbildungen; Durchfeuchtung

Reihenhäuser

Tabelle 73 Allgemeine Daten – Reihenhäuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8]



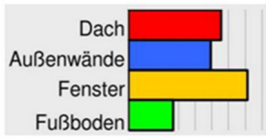
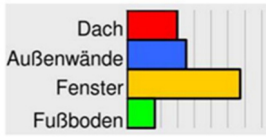
Zeitraum 19979 - 1994	RH_G	RH_H
Beispielsgebäude		
Beheizte Wohnfläche [m²]	98	116
Anzahl Vollgeschosse	2	2
Anzahl Wohnungen	1	1
Heizbedarf [kWh/(m²a)]	124	95
Wärmeverlust der Gebäudehülle im Winter		

Tabelle 74 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Reihenhäuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8]

Konstruktion	Beschreibung (MFH G)	U-Wert [W/(m²K)]	Beschreibung (MFH H)	U-Wert [W/(m²K)]	Mängel und Schäden
<b>Dach / oberste Geschossdecke</b>	Steildach mit 8 cm Dämmung	0,5	Steildach mit 12 cm Dämmung	0,4	Schadhafte Dachanschlüsse; Spröde kunststoffbahnen
<b>Außenwand</b>	Mauerwerk aus Leicht-Hochlochziegeln, Leichtmörtel	0,8	Mauerwerk aus Leicht-Hochlochziegeln, Leichtmörtel	0,6	Blasenbildung; Betonabplatzungen; Wärmebrücken an Balkon-/Loggien-Anschlüssen
<b>Fenster</b>	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	2,8	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	2,8	Wärmeschutz von Fenster und Rahmen nicht ausreichend; Ungedämmte Rollladenkästen
<b>Fußboden / Decke</b>	Stahlbetondecke mit 4 cm Dämmung, Zementestrich	0,8	Stahlbetondecke mit 6 cm Dämmung, Zementestrich	0,6	Wärmebrücken bei auskragenden Teilen
<b>Gründung</b>	Stahlbetonfundament	0,3-3,0	Stahlbetonfundament	0,3-3,0	Rissbildungen, Durchfeuchtungen

## Große Häuser

Tabelle 75 Allgemeine Daten – Große Häuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8]





Zeitraum 1979 - 1994	MFH_G	MFH_H
Beispielsgebäude		
Beheizte Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	595	707
Anzahl Vollgeschosse	3	3
Anzahl Wohnungen	9	10
Heizbedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	115	119
Wärmeverlust der Gebäudehülle im Winter		

Tabelle 76 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Große Häuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8]

Konstruktion	Beschreibung (MFH G)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Beschreibung (MFH H)	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	Mängel und Schäden
<b>Dach / oberste Geschossdecke</b>	Steildach, Stahlbeton, mit 6 cm Dämmung	0,5	Flachdach, Stahlbeton, mit 10 cm Dämmung	0,4	Schadhafte Dachanschluss; Spröde Kunststoffbahnen
<b>Außenwand</b>	Mauerwerk aus Leicht-Hochlochziegeln, Leichtmörtel	0,8	Mauerwerk aus Leicht-Hochlochziegeln, Leichtmörtel	0,6	Blasenbildung; Betonabplatzungen; Wärmebrücken an Balkon-/Loggien-Anschlüssen
<b>Fenster</b>	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	3,0	Wärmeschutz von Fenstern und Rahmen nicht ausreichend; Ungedämmte Rollladenkästen
<b>Fußboden / Decke</b>	Stahlbetondecke mit 4 cm Dämmung, Zementestrich	0,8	Stahlbetondecke mit 6 cm Dämmung, Zementestrich	0,6	Wärmebrücken bei auskragenden Teilen
<b>Gründung</b>	Stahlbetonfundament	0,3-3,0	Stahlbetonfundament	0,3-3,0	Rissbildungen; Durchfeuchtung

## Bauteiltabelle

Tabelle 77: Bauteiltabelle Baualtersklasse G-H [63] (S.76/88), [1] (S.23), [65] (S.119)

Bauteile	Typische Konstruktionsmerkmale
Außenwände	▪ Industriell vorgefertigte Stahlbetonbauteile
	▪ 1- oder 2-schalige Außenwände
	▪ Betonsandwichelemente mit Kerndämmung
	▪ Wandstärke ca. 40 cm
	▪ Wärmedämm-Verbundsysteme
Innenwände	▪ Aus Mauerwerk oder Beton
	▪ Trennwände in Leichtbauweise, vorwiegend aus Gips
Dächer	▪ Sattel-, Pult- oder Flachdach
	▪ Tonziegel, Betonschindeln und -dachsteine
Decken	▪ Beton oder Stahlbeton
	▪ Betondecke mit schwimmendem Estrich
Fenster	▪ Aluminium- und Kunststofffenster
	▪ Großformatige Fensteröffnung
	▪ Isolierverglasung
Boden- und Deckenbeläge	▪ Nassräume mit Fliesen
	▪ PVC-Bodenbeläge, Parkett, Teppich
Gründungen	▪ Stahlbeton
	▪ Perimeterdämmung

## Mängel und Schäden

*Tabelle 78: Typische Mängel und Schäden Baualterklasse G-H [9] (S.31/165), [67], [68]*

Bauteile	Typische Mängel und Schäden
Außenwände	▪ Blasenbildungen
	▪ Betonabplatzungen
	▪ Wärmebrücken an Balkon-/Loggien-Anschlüssen
Innenwände	▪ Mangelhafter Schallschutz
Dächer	▪ Schadhafte Dachanschlüsse
	▪ Spröde Kunststoffbahnen
	▪ Wärmedämmung zu minimalistisch
Decken	▪ Wärmebrücken bei auskragenden Teilen
Fenster	▪ Wärmeschutz von Fenster und Rahmen nicht ausreichend
	▪ Ungedämmte Rollladenkästen
Gründungen	▪ Durchfeuchtung
	▪ Rissbildungen

Tabelle 79 Schadstoffbelastungen der Jahre 1979 - 1983

Bauteil		Schadstoff	Schadstoff										
			Asbest	KMF	PCB	Formaldehyd	PAK	PCP	Lindan	DDT	Schwermetalle	VOC	
Wände	Außen	Mauerwerk											
		Holz				x		x	x	x			
		Dämmung			x								
		Putz											
		Beschichtung											x
		Dichtung											
	Fassade	x											
	Innen	Holz				x		x	x	x			
		Dämmung											
		Beschichtung											x
Putz													
Decken	Holzestrich												
	Holz					x	x		x	x	x		
	Estrich												
	Dämmung												
Oberflächen	Boden	Estrich											
		Floor-Flex-Platten											
		Holz				x		x	x	x			
		Parkettkleber					x						
	Wände	Anstiche					x						
		PVC-Fliesen											
		Tapeten											
		Pappen	x										
Holzverkleidung				x			x	x	x				
Dächer	Deckung	Ziegel											
		Schindeln	x										
		Wellplatten	x										
	Aufbau	Dämmung		x									
		Abdichtung											
		Holz				x		x	x	x			
		Teerpappe											
Sonstige Einbauten	Treppen							x	x	x	x		
	Türen										x		
	Fenster										x		
	Fensterbänke			x									
Heizung	Heizkörper			x									
	Heizleitungen			x									
	Dämmung			x	x								
Sanitär	Wasserleitungen												
	Dämmung				x								





## Anhang B Thermographie zur Bauwerksdiagnostik

### Anhang B.1 Grundlagen zur Thermographie

Um die genannten energetischen Schwachstellen in der Gebäudestruktur zu finden und im Anschluss energetisch bewerten zu können, muss bei der üblichen Bauthermographie während der Durchführung der Aufnahmen auf viele Aspekte geachtet werden. Um kurz darzulegen, wie sich die optimalen Bedingungen für die Durchführung von Thermographieaufnahmen ergeben und die Erläuterungen der durchgeführten Thermographien besser nachvollziehen zu können, muss zunächst das grundsätzliche physikalische Prinzip hinter der Thermographie angeschnitten werden.

#### Physikalische Grundlagen

Jeder Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes ( $-273,15^\circ\text{C}$ ) strahlt Wärme ab, die sogenannte Wärmestrahlung. Bei dieser Strahlung handelt es sich um elektromagnetische Strahlung, welche den optischen Gesetzen gehorcht und sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet. Für das menschliche Auge ist diese Strahlung nicht sichtbar, sie gehört in den infraroten Wellenlängenbereich. Diese Wärmestrahlung kann durch eine Thermographie sichtbar gemacht werden. Für die Bauthermographie werden dabei Wellenlängen zwischen  $\lambda = 3\mu\text{m bis } 5\mu\text{m}$  und  $\lambda = 8\mu\text{m bis } 14\mu\text{m}$  betrachtet. [69]

Die grundlegenden physikalischen und optischen Gesetzmäßigkeiten, die für die Wärmestrahlung gelten, werden im Folgenden nur kurz angeschnitten. Dieser Leitfaden ist nicht darauf ausgerichtet, dem Verwender die grundlegenden physikalischen Gesetze der Thermographie zu erläutern. Vielmehr wird Wert darauf gelegt, dass das Prinzip und die Funktionsweise der Thermographie kurz dargelegt werden, um Anwendungsgrenzen im Bereich der Bauwerks-Thermographie zu verstehen. Für vertiefte Informationen bezüglich der physikalischen Funktionsweise der Thermographie sollten weitere Literaturquellen wie [69] zu Rate gezogen werden.

#### Strahlungsgesetze

Beim Auftreffen von elektromagnetischer Strahlung auf einen Realen Körper wird diese anteilig absorbiert, reflektiert und im Falle eines durchsichtigen Körpers transmittiert. Der jeweilige Betrag ist von den Stoffkenngrößen des Körpers, sowie der Wellenlänge der auftretenden Strahlung abhängig. Hierbei gibt es drei Sonderfälle: Zum einen gibt es den idealen schwarzen Körper, welcher die gesamte Strahlung absorbiert und zum anderen den idealen Spiegel, der die Strahlung komplett reflektiert. Als dritten Sonderfall bezeichnet man das ideale Fenster, bei dem die auftretende Strahlung vollständig transmittiert wird.

Das Verhältnis des Emissionsvermögens eines Körpers zu dem des schwarzen Strahlers spiegelt sich nach dem Kirchhoffschen Strahlungsgesetz im Emissionsgrad wieder. Grundsätzlich wird anhand des Emissionsgrades festgehalten, wie schnell ein Material bei einer bestimmten Temperatur seine Wärme im Vergleich zu einem idealen schwarzen Körper wieder abgibt.

Da eine konstant bleibende Temperatur vorausgesetzt wird (thermisches Gleichgewicht), gibt ein Körper immer genauso viel Strahlung ab, wie er zuvor absorbiert hat. Somit entspricht der Wert des Absorptionsgrades immer dem des Emissionsgrades.

Der Reflexions- und Transmissionsgrad ergeben sich entsprechende aus Vergleichen mit dem idealen Spiegel, beziehungsweise dem idealen Fenster.

## Thermographiesysteme

Ungefähr seit den 60er Jahren gibt es die ersten bildverarbeitenden Infrarotsichtgeräte auf dem Markt. Für die baupraktische Anwendung für das Bauwesen besteht hierbei hauptsächlich aus der Messung der Strahlungsintensität der abgestrahlten Emissionen und der Oberflächentemperatur.

Die Funktionsweise der unterschiedlichen Kameras der Thermographiesysteme können grob in scannende Kameraeinheiten und FPA-Kameras (Focal-Plane-Array) klassifiziert unterteilt werden. Bei dem Detektor, welcher als Empfänger der Strahlung dient, wird grundsätzlich zwischen thermischen Detektoren und Quantendetektoren (auch Photonen- oder Halbleiterempfänger genannt) unterschieden. Darüber hinaus können die unterschiedlichen Thermographiekameras, abhängig vom messbaren Spektralbereich, als mittelwellige und langwellige Geräte unterschieden werden.

### *Scanner-Thermographiesysteme*

Scanner-Kameras besitzen einen oder mehrere Detektoren, welche linienförmig auf einer Leiste angeordnet werden. Somit kann das Bild nur aufgebaut werden wenn die zu untersuchende Oberfläche entlang eines Rasters abgefahren (gescannt) wird. Dies kann beispielsweise mithilfe von ebenen Planspiegeln, Spiegelpolygonen oder Polygonprismen geschehen. Dabei wird das Bild jeweils zeilenweise aufgebaut. Zur Erzeugung eines Bildes werden die Strahlen gebündelt auf den infrarotempfindlichen Detektor geleitet. Dort werden die Signale erfasst, verstärkt und an eine Recheneinheit weitergegeben, wo die Daten anschließend zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden.

Der Vorteil dieser Methode liegt in der hohen thermischen Auflösung und der guten Homogenität der Aufnahmen, was daraus resultiert, dass jeder Punkt des untersuchten Objekts mit demselben Detektor erfasst wird. Die Dauer des Bildaufbaus ist jedoch mit einer Sekunde pro Aufnahme vergleichsweise sehr langsam. Der charakteristische Wert der thermischen Auflösung liegt bei Kameras dieser Art bei mindestens 0,1 K.

Die meistens für die Kameras verwendeten Quantendetektoren müssen während des Betriebs gekühlt werden, um die Qualität der Aufnahmen zu gewährleisten. Dabei sind die offene Kühlung anhand von Flüssiggasen, die Stirling-Kühlmaschine und die thermoelektrische Kühlung mit Peltierelementen die gebräuchlichsten Varianten.

### *Focal-Plane-Array-Thermographiesysteme*

Der Unterschied der FPA-Kameras zu dem Scanner-System ist, dass die einfallende Infrarotstrahlung von einer Detektormatrix, bestehend aus vielen Einzeldetektoren erfasst wird. Dadurch fällt das zeilenweise Abtasten des untersuchten Objekts weg. Durch die Vielzahl von Empfängern kann es jedoch auch zu Irregularitäten zwischen den einzelnen Messpunkten oder bei besonders strahlungsempfindlichen Detektoroberflächen zum Überblenden der einzelnen Signale kommen. Diese Störungen können durch kameraintegrierte Korrekturen und eine thermische Stabilisierung des Detektors beseitigt werden.

Die Wahl des Detektortyps (thermischer Detektor oder Quantendetektor), beziehungsweise Kameras mit oder ohne Kühlnotwendigkeit werden je nach Einsatzzweck und erforderlicher Genauigkeit getroffen.

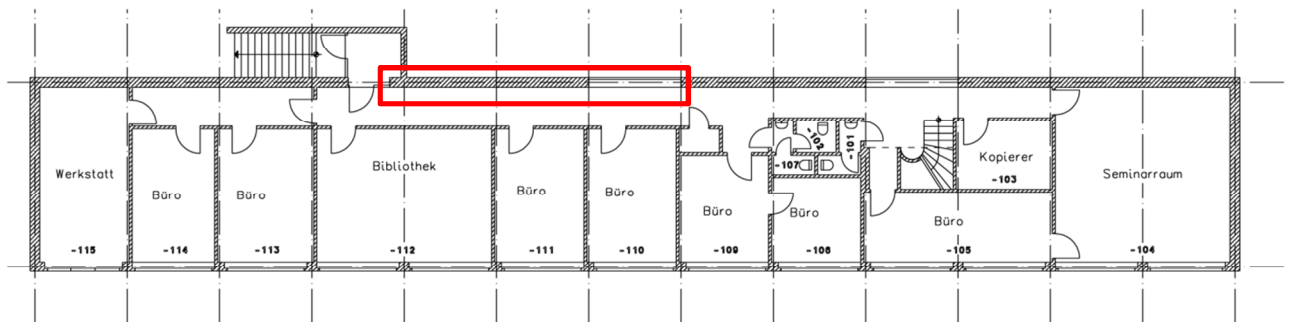
Die thermische Auflösung der FPAs liegt bei etwa 0,05 K.

### ***Genauigkeiten der Ergebnisse***

Wie genau und aussagekräftig Messungen anhand von Thermographie-Aufnahmen sind, ist extrem von den gegebenen Randbedingungen abhängig. Sind diese alle bekannt, sind gute Ergebnisse zu erzielen. Im Normalfall sind diese Randbedingungen jedoch nur instationär vorherrschend, wodurch die Messungen als Momentaufnahmen betrachtet werden müssen. Nach Regelungen in der DIN EN 13187 sollen daher die realen Thermogramme mit zuvor berechneten Temperaturverteilungen abgeglichen werden. Diese werden aus wärmetechnischen Kenngrößen der betrachteten Oberflächen und der relevanten Umgebungseinflüssen bestimmt. An dieser Stelle ist auch zwischen Untersuchungen im Innen- und Außenbereich zu unterscheiden. Bei Messungen im Außenbereich sind die Umwelteinflüsse aus Wetter und Lufttemperatur deutlich ausgeprägter zu bewerten.

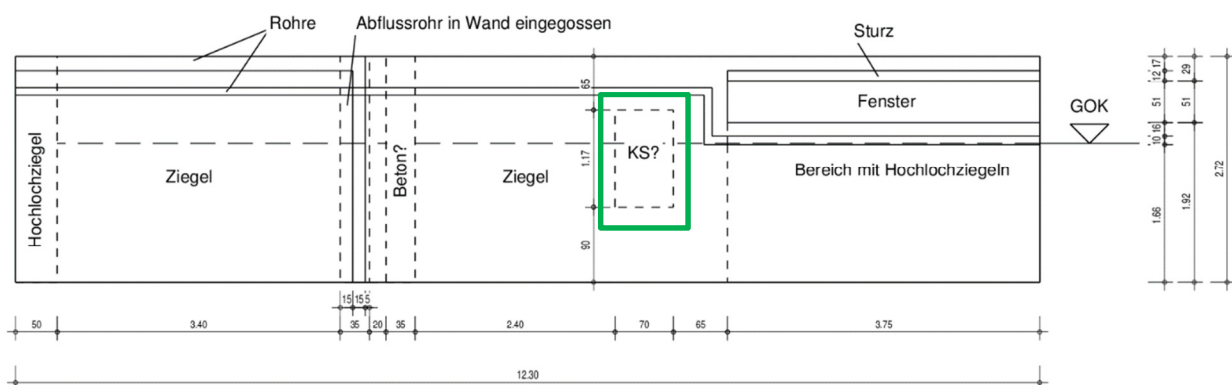
## Anhang B.2 Tastversuche an einer Probewand

Im Rahmen des Leitfadens ist die Infrarot-Thermographie als zerstörungsfreie Bestandsuntersuchung für einen möglichst vollständigen Überblick über den Gesamtbestand untersucht wurden. Hierzu wurden zunächst Tastversuche zur Verifizierung der Thermographie zum genannten Zweck durchgeführt. Als Versuchsobjekt hierzu diente eine Bestandswand im Kellergeschoss (Grundriss siehe Abbildung 42) eines Bestandsgebäudes von 1933 aus dem Bestand der TU Braunschweig. Die Bestandswand wurde im Rahmen von Sanierungsarbeiten am Gebäude vollständig freigelegt und fotodokumentarisch festgehalten.



**Abbildung 42** Grundrisses des Kellergeschosses eines thermographierten Bestandsgebäudes im Bestand der TU Braunschweig

In einem ersten Schritt wurde nach der Freilegung des Mauerwerks die Bestandswand vermessen, fotografisch dokumentiert und die Ergebnisse in einer Kartierung der Wand festgehalten, siehe Abbildung 43. Die untersuchte Wand besteht aus mehreren unterschiedlichen Baustoffen und weist an verschiedenen Stellen Feuchteschäden auf. Die große Zahl an unterschiedlichen Materialbereichen, die Vielzahl der unterschiedlichen verwendeten Baustoffe sowie die vorhandenen Schäden, machen die untersuchte Wand zu einem perfekten Probeexemplar für die geplante Verifizierung der Thermographie.



**Abbildung 43** Kartierung der Probewand zur Verifizierung der Thermographie als ganzheitliche Untersuchungsmethode für Bestandsgebäude

Nach der allgemeinen Dokumentation wurde eine Thermographie der unverputzten Wand durchgeführt, um einen Vergleichswert („Nullzustand“) für die Aufnahmen nach Verputzen der Wand zu erhalten.

Die Aufnahme wurde mit einer Thermographie Kamera XY durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine sehr hochauflösende Thermographiekamera, welche nicht den üblichen Bauthermographiekameras entspricht, da für den geplanten Zweck nicht die Temperaturbereiche der Wand zur Detektion von Wärmebrücken von Interesse sind, sondern die genaue Auflösung der Strukturen hinter einer Putzschicht sichtbar gemacht werden soll.

Die Kamera wurde an ein fahrbares Gestell befestigt und anschließend an der Wand entlanggefahren. Entstanden sind hierbei Videoaufnahmen, welche zunächst den oberen anschließend den mittleren und zuletzt den unteren Teil der Wand thermographisch abbilden.



**Abbildung 44** Darstellung der Versuchsdurchführung für die Thermographie

Nach dem die Wand verputzt wurde und der Putz ausreichend lange (21 Tage) trocknen konnte, wurde in einem ähnlichen Verfahren die Wand ein zweites Mal untersucht. Unterschieden hat sich die Versuchsdurchführung dahingehend, dass für die Sichtbarmachung der Strukturen unterhalb des Putzes eine aktive Anregung der Wand mit einer starken Licht- bzw. Wärmequelle durchgeführt wurde. Infolge der unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe, die dafür sorgen, dass einige Baustoffe die Wärmeenergie infolge der aktiven Anregung schneller weiterleiten als andere, können die genauen Strukturen, beispielsweise die Konturen von Stein und Fuge im Mauerwerk, sichtbar gemacht werden. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Aufnahmen dargestellt und erläutert.

**Tabelle 81** Thermographie eines Bereiches einer Probewand mit unterschiedlichen Verfahren



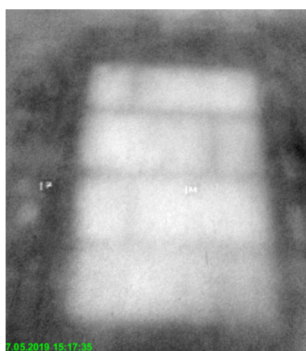
### 1. Fotografie der unverputzten Wand

Dargestellt ist ein Wandabschnitt, indem nachträglich eine Öffnung zugemauert wurde. Hierbei wurde großformatiges Kalksandstein-Mauerwerk in die, im Übrigen aus kleinformatigem Ziegelmauerwerk bestehende, Wand gemauert.



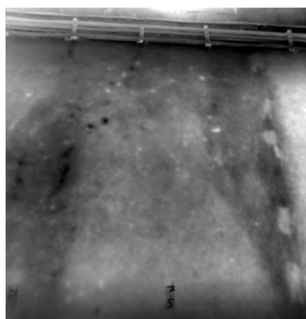
## 2. Passive Thermographie der unverputzten Wand

Anhand der durchgeführten Thermographie der unverputzten Wand lässt sich bereits erkennen, dass sich im unteren Teil der Ausmauerung eventuell Feuchtigkeit ins Mauerwerk gezogen hat. Da der Stein jedoch eine andere Färbung an der Oberfläche aufweist (siehe Fotografie) als die restlichen Steine, können in der Thermographie auch die abweichenden Oberflächenflächeneigenschaften abgebildet sein.



## 3. Passive Thermographie der verputzten Wand

Auch in der passiv durchgeführten Thermographie der verputzten Wand ließen sich die Konturen der einzelnen Steine sehr gut erkennen. Die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen lag des Weiteren unter  $5^{\circ}\text{C}$ , so dass festzuhalten ist, eine passive Thermographie mit einer ausreichend hochauflösenden Kamera gut Ergebnisse bringt. Für den Fall, dass an einigen Stellen Unsicherheit über die tatsächliche Konstruktion herrscht, können diese Stellen im Anschluss mit einer aktiven Thermographie genauer untersucht werden.



## 4. Aktive Thermographie der verputzten Wand (sofort nach der Anregung)

Bei einer Aufnahme unmittelbar nach der aktiven Anregung der Wand sind zunächst vor allem Unregelmäßigkeiten unmittelbar im Putz sowie nahe unter der Oberfläche zu erkennen. Die hellen, vertikal verlaufenden Flecken am rechten Bildrand sind beispielsweise Klebefestigungen einer angebrachten Armierungsschicht im Putz.

Die Kalksandsteine wiederum lassen sich unterhalb des Putzes zunächst nur erahnen. Man kann jedoch bereits feststellen, dass sich ein Bereich mit andersartigem Material hinter dem Putz darstellt.



## 5. Aktive Thermographie der verputzten Wand (Zeitverzögert nach der Anregung)

Nach einer Zeitverzögerung von etwa einer Minute nach der Anregung wurde die gleiche Stelle nochmals aufgenommen. Hier ist aufgrund der ungleichen Wärmeleitung in den Steinen und Fugen die Struktur der Kalksandsteine gut zu erkennen.

Die Vermutung, die sich bereits bei der ersten Thermographie der unverputzten Wand abbildete, kann hier bestätigt werden: Die untere Steinreihe scheint eine höhere Feuchtigkeit zu besitzen als die oberen.

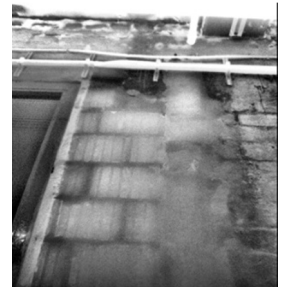
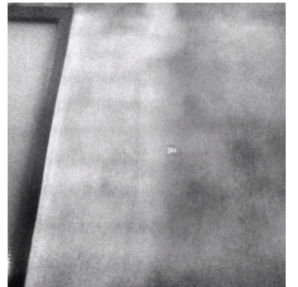
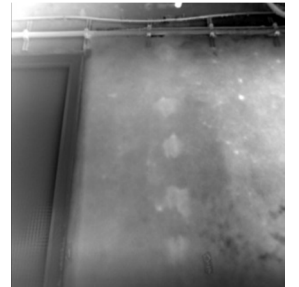
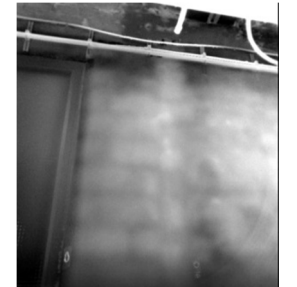


Natürlich sind einige Phänomene und Strukturen unterhalb des Putzes nicht klar abzugrenzen. Die Thermographie soll hier jedoch zunächst dazu dienen, sich einen ersten Überblick über das Bauwerk zu verschaffen. Die Identifikation unterschiedlicher Baustoffe unterhalb einer Putzschicht, wie sie hier möglich war, kann eingrenzen, in welchem Bereich der Wand Proben für eine genauere Untersuchung genommen werden sollten. Die Festigkeiten der Ziegel können deutlich von denen des Kalksandsteines abweichen. Im schlimmsten Fall führt dies bei einer zufälligen Probenentnahme im Bereich des Kalksandsteines zu verfälschten Ergebnissen. Dies ist unbedingt zu vermeiden.

Bei der Auswertung von Gesprächen sowie von Fragebögen zu durchgeführten Aufstockungsmaßnahmen kam es beispielsweise in einem Fall dazu, dass zwei Proben tatsächlich im Bereich einer später vermauerten Türöffnung genommen wurden. Die Proben wiesen ausgerechnet in diesen Bereichen deutlich größere Festigkeiten auf, als im übrigen Mauerwerk. Dies wurde jedoch erst während der eigentlichen Baumaßnahme aufgrund von Schäden im Mauerwerk festgestellt, so dass nachträglich aufwendige Verstärkungsmaßnahmen durchgeführt werden mussten. Diese verzögerten den Bauablauf deutlich und führten zu höheren Kosten des Gesamtprojektes.

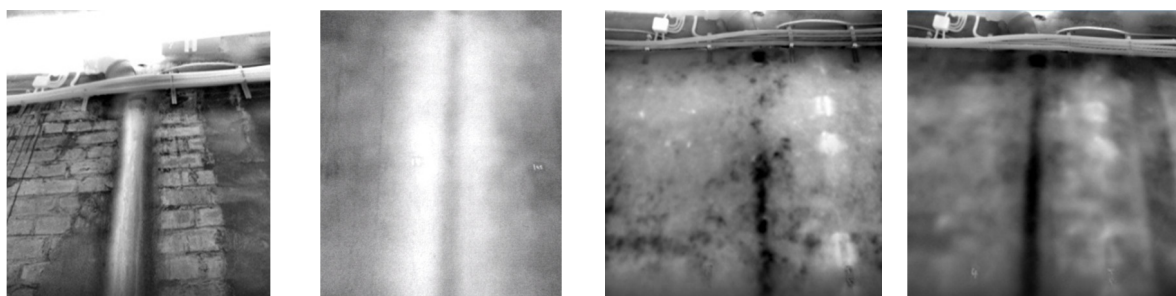
Die im Folgenden abgebildeten Thermographiaufnahmen zeigen an weiteren Beispielen die Möglichkeiten der Thermographie zur Sichtbarmachung von Tragstrukturen und Materialien unterhalb von Putzschichten. Zwar können die Materialien infolge der Aufnahmen nicht immer sofort identifiziert werden, es lassen sich jedoch bereits sehr detaillierte Vermutungen anstellen, um welches Material es sich handeln könnte. In diesem Forschungsprojekt ging es jedoch zunächst um die Möglichkeiten und Grenzen der Methode und nicht um die explizite Ermittlung der Materialien, dies könnte in einem weiteren Forschungsprojekt genauer untersucht werden.

*Tabelle 82 Auswertung der Thermographiaufnahmen an einer Probewand*

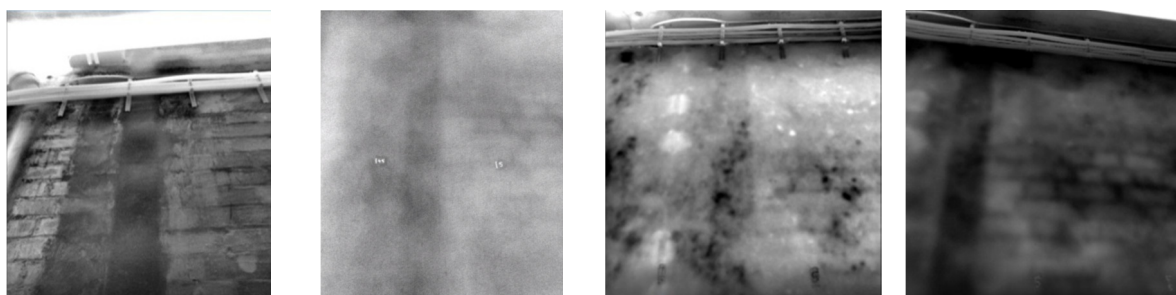
Passiv, unverputzt	Passiv, verputzt	Aktiv, verputzt, direkt nach Anregung	Aktiv, verputzt, zeitverzögert
			

Die Aufnahmen zeigen, dass unterschiedliche Schichten hinter dem Putz durch eine aktive Thermographie sichtbar gemacht werden können. Bei einer Aufnahme direkt nach der Anregung erkennt man eine Armierung unmittelbar im Putz, bei zeitlich verzögerter Aufnahme ist die Struktur der Ziegel unterhalb des Putzes gut erkennbar. Gleichzeitig zeigen die Aufnahmen, dass der dokumentierte Bereich einen Materialwechsel aufweist. In diesem Bereich wäre es dementsprechend erforderlich, genauere Untersuchungen vorzunehmen.





Das in der Wand verbaute Abwasserrohr wird auf den Thermographie-Aufnahmen ebenfalls gut sichtbar abgebildet. In der Aufnahme unmittelbar nach der aktiven Anregung der Wand stellt sich das Rohr bereits dar, kann in der Aufnahme aber fälschlicherweise noch als Feuchteschaden identifiziert werden. Bei der zeitlich verzögerten Aufnahme bildet sich das Rohr jedoch sehr deutlich ab, so dass auch diesem Bereich bei einer statischen Untersuchung besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte. Zwar lässt sich aus der Thermographie nicht auf Anrieb das verwendete Material feststellen. Es kann jedoch aufgrund des hohen Kontrastes des Rohres davon ausgegangen werden, dass das Material der identifizierten Fehlstelle eine höhere Wärmeleitfähigkeit besitzt als die umgebende Wand.



Ein nachträglich betonierter Schacht in der Wand wird in der zeitlich verzögerten Aufnahme nach der Anregung ebenso sichtbar, wie das Stahlrohr, da auch der Beton eine andere Wärmeleitfähigkeit besitzt als das nebenliegende Mauerwerk.

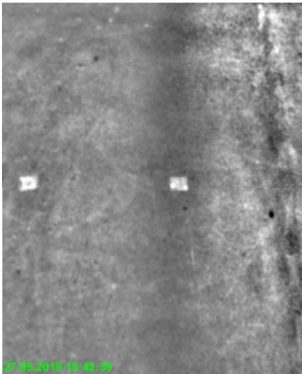
Insgesamt lässt der erste Tastversuch an der Kellerwand bereits den Schluss zu, dass sich die Thermographie gut dafür eignet, die inneren Strukturen einer Wand sichtbar zu machen. Es ist dabei darauf hinzuweisen, dass es abhängig von der Dicke der Putzschicht sinnvoll ist, unterschiedliche Tiefen in den Aufnahmen abzubilden. Das bedeutet, nach der aktiven Anregung der Wand sollte in unterschiedlichen Zeitabständen eine neue Aufnahme durchgeführt werden. Mit diesem Vorgehen lassen sich abhängig von der Wärmeleitfähigkeit der unter dem Putz befindlichen Materialien klare Strukturen abbilden.

Um die aktive Thermographie nochmals genauer zu betrachten wurden zusätzliche Aufnahmen der Wand angefertigt, welche einen spezifischen Bereich der Wand über einen längeren Zeitraum hinweg betrachten. Die Wand wurde zunächst aktiv angeregt und dann über etwa 10 Minuten mit der Thermographiekamera gefilmt. Dies sollte Auskunft darüber geben, wie sich die Strukturen hinter der Putzschicht genau darstellen sowie darüber nach welcher Zeit die Mauerwerksstrukturen hinter dem Putz sichtbar werden.

Zunächst wurde ein Teil der Wand erneut betrachtet, welcher eine nachträglich vermauerte Öffnung enthielt. In Abbildung 43 ist dieser Bereich grün markiert.

*Tabelle 83 Aktive Thermographie - Aufnahme direkt nach, 3 Minuten, 6 Minuten, 9 Minuten und 12 Minuten nach der Anregung*

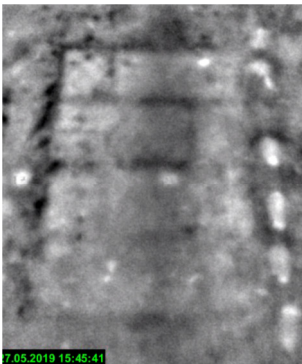
### 1. Direkt nach der Anregung



In der Aufnahme unmittelbar nach der Anregung ist nichts Genaues zu erkennen. Zwar stellt sich ein vertikaler Schatten am rechten Bildrand dar, welcher durch eine Armierung des Putzes an dieser Stelle herrührt, jedoch kann ohne Kenntnis über besagte Armierung hier keine genaue Aussage über die Ursache des Schattens getroffen werden.

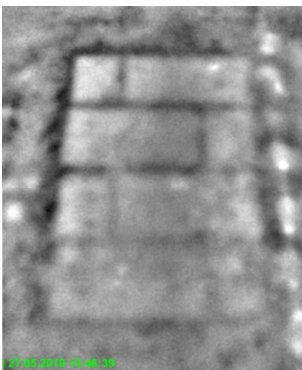
Der Schatten mittig im Bild darf hier unberücksichtigt bleiben, da dieser in einem Bereich entstanden ist, in dem die Anregung der Wand nicht flächendeckend stattgefunden hat.

### 2. 3 Minuten nach der Anregung



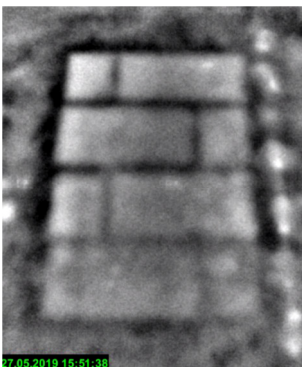
Zwar zeigen sich auf der dargestellten Teilaufnahme weiterhin oberflächliche Phänomene, wie Änderungen der Putzstrukturen sowie die Armierung des Putzes, man aber ebenfalls bereits deutlich erkennen, dass sich hinter dem Putz eine Unregelmäßigkeit abbildet.

### 3. 6 Minuten nach der Anregung

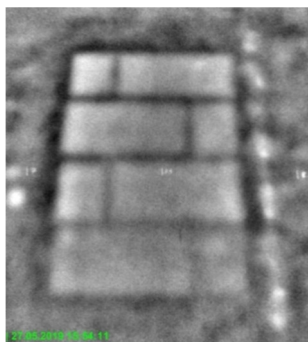


Nach einer Zeit von 6 Minuten zeigt sich die unmittelbar nach Anregung noch nicht erkennbare Armierung des Putzes sehr deutlich (rechter Bildrand). Außerdem kann man erkennen, dass nachträglich in der Wand einer Öffnung zugemauert oder Teil des Mauerwerks z.B. aufgrund von sicherheitsrelevanten Schäden ausgetauscht wurde.

### 4. 9 Minuten nach der Anregung



Die Strukturen des nachträglich vermauerten Wandstückes treten immer deutlicher hervor.



### 5. 12 Minuten nach der Anregung

Weitere 3 Minuten später, also 12 Minuten nach der Anregung, zeigen sich die Steine und Fugen noch deutlicher, die Umriss des Bereiches treten klar hervor. Für das betrachtete Beispiel lässt sich jedoch festhalten, dass auch eine Wartezeit von 6 Minuten ausreichend gewesen wäre, um den Bereich ausreichend genau abzubilden und die Grenzen des nachträglich vermauerten Teilstücks der Wand zu identifizieren.

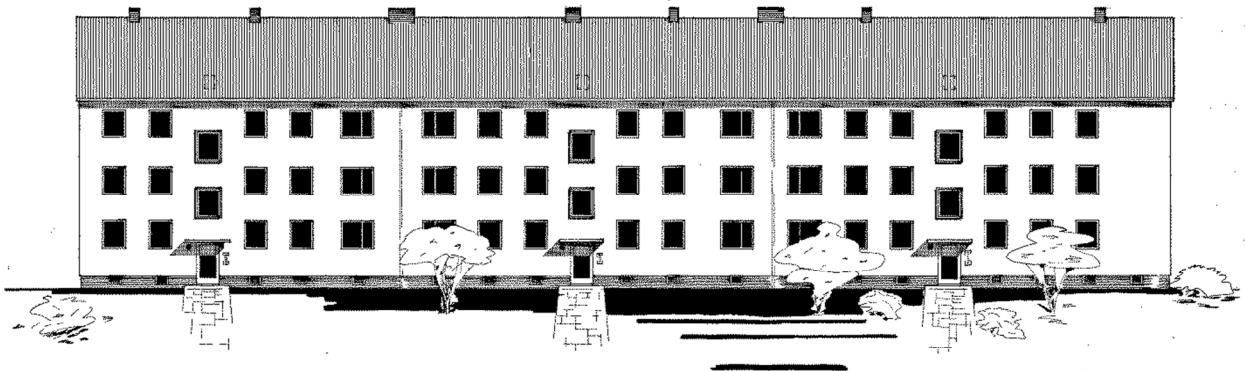
### Anhang B.3 Erprobung an weiterem Bestandsgebäude

Nach dem erfolgreichen Testlauf wurde die Thermographie an einem Bestandsgebäude des Projektpartners der Nibelungen Wohnbau in Braunschweig getestet. Das Gebäude wurde 1963 erbaut und liegt dem Projektteam vollständig in Planungsunterlagen vor, was eine spezifische Auswertung der Aufnahmen ermöglicht.



Abbildung 45 Bild der Hauseingänge des thermographisch untersuchten Bestandsgebäudes in Braunschweig

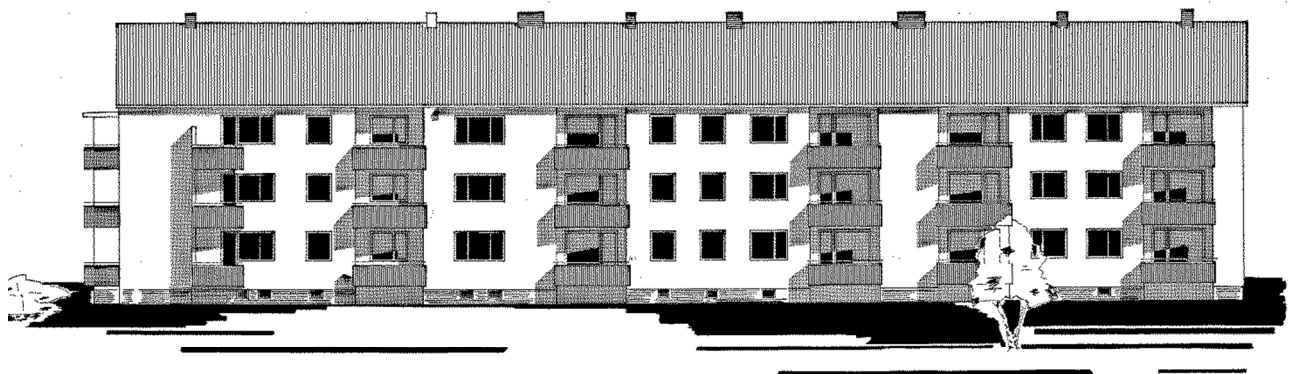




*Abbildung 46 Ansichtszeichnung der Hauseingänge des thermographisch untersuchten Bestandsgebäudes in Braunschweig*



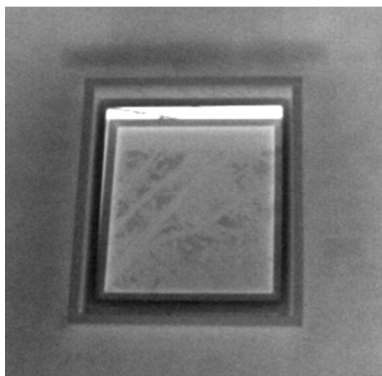
*Abbildung 47 Bild der Hauseingänge des thermographisch untersuchten Bestandsgebäudes in Braunschweig*



*Abbildung 48 Ansichtszeichnung der Loggienseite des thermographisch untersuchten Bestandsgebäudes in Braunschweig*

Folgend werden die erhaltenen Ergebnisse abgebildet und beschrieben, um den Planern einen Eindruck über die Möglichkeiten der Thermographie zur Erstellung einer groben Übersicht über den Bestand zu geben.

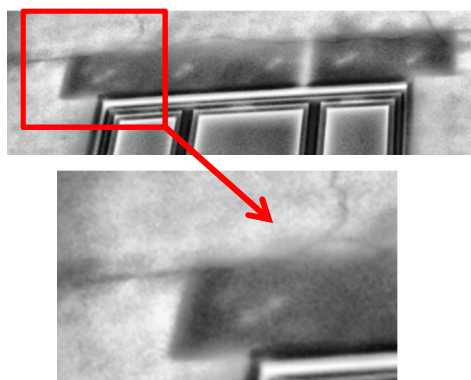
*Tabelle 84 Auswertung einer passiven Thermographie an einem Bestandsgebäude (Außenaufnahme)*



Am dargestellten Beispiel eines Sturzes über einem Fenster soll hier deutlich werden, dass unterhalb eines Putzes abweichende Bauteile und Material sichtbar gemacht werden können. Abhängig davon, wie sich das abweichende Material darstellt, kann wie zuvor bereits beschrieben, abgeschätzt werden, um welches Material es sich handelt. Dies lässt sich an den verschiedenen Wärmeleitfähigkeiten der Materialien festmachen. Da der Sturz aus Stahlbeton besteht, bildet er sich in der gewählten Auflösung deutlich dunkler ab als das umliegende Mauerwerk, da Stahlbeton (Normalbeton =  $1,6 \frac{W}{m \cdot K}$  bis  $2,1 \frac{W}{m \cdot K}$ ) eine höhere Wärmeleitfähigkeit besitzt als das Mauerwerk (Hochlochziegel  $\lambda = 0,5 \frac{W}{m \cdot K}$  bis  $0,96 \frac{W}{m \cdot K}$ ). Würde es sich um einen alten Sturz aus Holz handeln, so wäre die Leitfähigkeit kleiner als bei Mauerwerk ( $\lambda = 0,13 \frac{W}{m \cdot K}$ ) und der Sturz wäre heller als das umliegende Mauerwerk.



Eine ausreichend hochauflösende Thermographie-Kamera macht es zusätzlich möglich, das Mauerwerk unterhalb des Putzes deutlich sichtbar zu machen. Die voneinander abweichenden Wärmeleitfähigkeiten von Mörtel und Mauerwerk bilden sich auf den Thermographieaufnahmen ab, so dass man gut erkennen kann, ob es sich um ein homogen aufgebautes Mauerwerk handelt oder ob Ausbesserungen oder nachträgliche Vermauerungen von Öffnungen vorgenommen wurden.



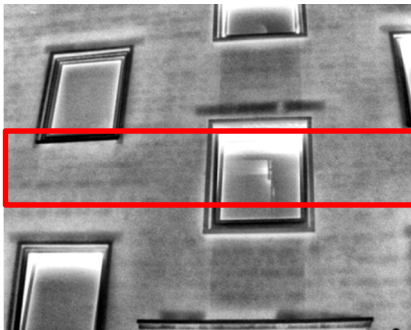
Betrachtet man ein Gebäude von außen, zeigen sich an der Oberfläche häufig unterschiedliche Rissbilder. In der Thermographie bilden sich diese natürlich ebenfalls ab. Hier macht es eine Thermographieaufnahme jedoch zusätzlich möglich, bereits auf die Gründe für die Rissverläufe zu schließen. Im gezeigten Bild erkennt man schnell, dass sich das Rissbild durch den eingebauten Biegesturz über dem Fenster ergibt. Der Sturz hat sich dementsprechend nachträglich nach unten durchgebogen und so zu Rissen an der Putzoberfläche geführt.



Die gezeigte Aufnahme stellt hier neben unterschiedlichen Materialien, wie Steinen, Mörtel und Stahlbetonstürzen, auch einbindende Wände ab. Abhängig von der Konstruktion kann dies hilfreich sein, um verdeckte Bauteile nachträglich wieder sichtbar zu machen. An dieser Stelle sei jedoch sofort darauf hingewiesen, dass sich solche einbindenden Bauteile nicht in jedem Fall auf Thermographieaufnahmen zeigen. Handelt es sich bei der Konstruktion der Außenwände z.B. um zweischaliges Mauerwerk, kann die Wärme aus dem Innenraum, welche durch die einbindenden Bauteile nach außen transportiert werden würde, nicht bis an die Außenfassade geleitet werden. Dies führt dazu, dass die Wände sich an der Außenfassade nicht abzeichnen.



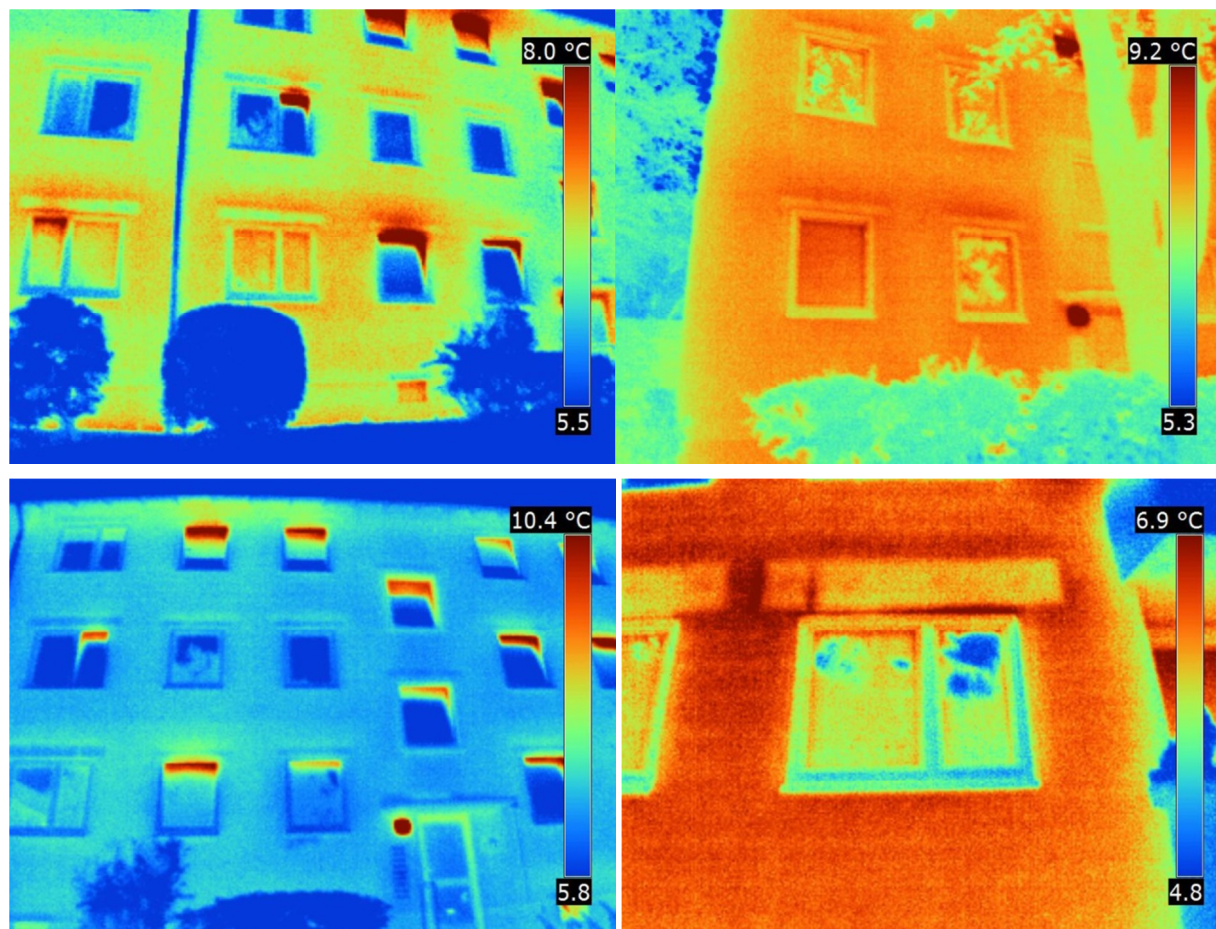
Bei der Anordnung von Balkonen oder Loggien bietet die Thermographie die Möglichkeit, die Auflagerung der Deckenplatten in diesem Bereich abzubilden. Solche Informationen können vor allem hilfreich sein, wenn keine ausreichende Dokumentation mehr vorliegt.



Die Sichtbarkeit der einbindenden Stahlbetondecken beweist in diesem Fall, dass die Decke erstens nicht vollaufgelagert ist, es sich zweitens aber nicht um ein zweischaliges Mauerwerk handelt, da sonst die Luftschicht die Wärme der Deckenplatte aus der Wohnung nicht nach außen übertragen könnte.

Nach der Thermographie mit der hochauflösenden Kamera wurde auch eine übliche Bauthermographiekamera erprobt, siehe Abbildung 49. Hierbei wurde schnell deutlich, dass die Konturen der unter Putz liegenden Bauteile kaum zu erkennen sind. Zwar lassen sich vereinzelt Stürze über den Fenstern sichtbar machen, das Mauerwerk jedoch lässt sich nicht genauer erkennen. Außerdem kommt es auch einigen Stürzen infolge geöffneter Fenster zu verfälschten Ergebnissen. Insgesamt lässt sich feststellen, dass für die Aufnahmetiefe einer Bauthermographiekamera bei einer Außenaufnahme die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen sehr groß sein müsste, um weiter Konturen sichtbar zu machen.





*Abbildung 49 Vergleichende Thermographie (Außenaufnahme) mit üblicher Bauthermographiekamera*

#### Anhang B.4 | Erprobung in einer Bestandswohnung

Als dritte Aufnahme im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde eine zusätzliche Thermographie innerhalb einer Wohnung durchgeführt, um neben der Probewand zur ersten Eruierung, weitere Ergebnisse zu validieren.



*Abbildung 50 Außenaufnahmen des Gebäudes für die dritte Eruierung der Thermographie als zerstörungsfreie Bauwerksuntersuchung*

Die Wohnung befand sich im obersten Geschoss (2. OG) eines Gebäudes, welches um 1940 gebaut wurde, stand leer und wartete auf eine Sanierung. Von außen waren die Wände mit einem in den 90er Jahren angebrachten Wärmedämmverbundsystem mit einer Dämmstärke von etwa 5 cm verkleidet. So sollte geprüft werden, welche Detailtiefe eine Thermographie bei eingeschränkter Wärmeleitung infolge der Außendämmung erreichen kann. Es wurde explizit ein Gebäude gewählt, welches eine nur geringe Dämmung auf der Außenwand besaß, da für diesen Leitfaden grundsätzlich weiterhin davon ausgegangen wird, dass eine Aufstockungsmaßnahme sich maßgeblich bei Gebäuden eignet, welche eine zusätzliche energetische Sanierung benötigen, eher durchgeführt wird. Bestandsgebäude, die in den vergangenen Jahren bereits auf den aktuellen energetischen Standard gebracht wurden, werden mit nur geringer Wahrscheinlichkeit nochmals aufwändig baulich verändert. Gebäude welche zwar bereits eine geringe Dämmung besitzen, aber von den heutigen energetischen Standards weiterhin weit entfernt sind, lohnen sich wirtschaftlich gesehen eher für eine Aufstockungsmaßnahme.

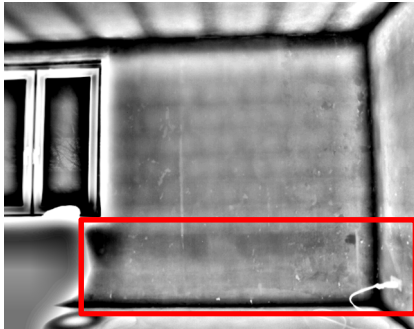
Neben den Außenwänden wurden zusätzlich Aufnahmen von den Innenwänden gemacht. Hiermit sollte überprüft werden, ob sich auch bei diesen Bauteilen Aussagen über mögliche Problemstellungen in der Konstruktion treffen lassen. Da die gesamte Wohnung eine gleichmäßige Raumtemperatur aufwies, sind die erkennbaren Konturen auf den Bildern der Innenwände auf das Eindringen der Raumwärme in die Wand zurückzuführen. Da die Wohnung nicht konstant über mehrere Tage beheizt wurde, sondern nur über einen Zeitraum von etwa 12 Stunden, hatten sich die Wände noch nicht vollständig der Raumtemperatur angepasst. Durch die unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten der verbauten Materialien ließen sich auch hier noch sehr aussagekräftige Bilder gewinnen.

Bei der durchgeführten Thermographie wurde zunächst eine passive Thermographie durchgeführt. Dazu wurden über Nacht die Heizungen in der Wohnung aufgedreht, um die Temperaturdifferenz zwischen der Raumtemperatur und der Außentemperatur zu erhöhen. Bei der Messung lag die Temperaturdifferenz so bei 20 °C. Die Heizungen wurden eine halbe Stunde vor der Messung abgedreht,

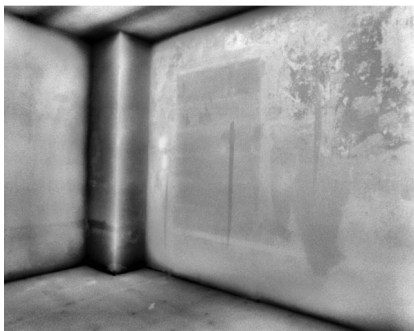


damit die ausgehende Wärmestrahlung die Aufnahmen nicht übermäßig beeinflusste. Es sei an dieser Stelle außerdem gesagt, dass es bei den Aufnahmen nicht um die Identifizierung von Wärmebrücke ging, weshalb auf diese Thematik in der Auswertung der Bilder nicht weiter eingegangen wird.

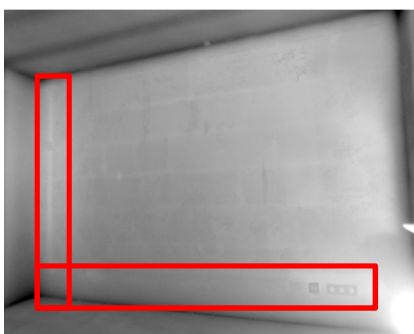
*Tabelle 85 Auswertung von Thermographieaufnahmen in einer Bestandswohnung (Innenaufnahmen)*



Die Aufnahmen stellen eine Außenwanddecke der Wohnung dar. Gut zu erkennen ist, dass die oberste Geschossdecke eine Holzbalkendecke ist, dies zeigt das Bild im Bereich der Decke deutlich. Zusätzlich kann man im Bereich der Wand auch bei der passiven Aufnahme von Innen die Struktur des Mauerwerks deutlich erkennen. Dabei fällt jedoch auf, dass sich die Wand bis zur Höhe der Fensterbrüstung aus einem anderen Material zusammensetzt als darüber, siehe rot markierte Bereiche. Dies wäre ein Bereich, der nachträglich genauer zu untersuchen wäre. In diesem Fall liegt die Vermutung nahe, dass das Gebäude zunächst nur 2 oberirdische Geschoss sowie einen Dachstuhl mit Drempeel bekommen sollte und anschließend die Wand nachträglich weiter aufgemauert wurde.

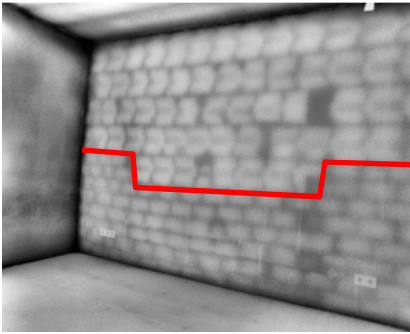


In diesem Bild ist eine Innenecke der Wohnung abgebildet, in der zusätzlich der Schornstein eingemauert ist. Ersichtlich ist dies durch die Wände des Schornsteins, die zur Außenluft hinführen und kälter sind, als die zwei nebenliegenden Innenwände. Das Bild zeigt, dass auch bei Innenwänden noch Mauerwerksstrukturen kenntlich gemacht werden können, wenn keine Temperaturdifferenz zwischen den durch die Wand getrennten Räumen vorhanden ist. An der rechten Wand zeigen sich dabei die Umrisse einer nachträglich zugemauerten Öffnung. Zwar erkennt man nicht bis ins Kleinste die Struktur des Mauerwerks, es lassen sich aber dennoch Abweichungen der Baustoffe identifizieren.



In der Wohnung wurden nachträglich die Leitungen in die Wand, also unter Putz, verlegt. Die Thermographieaufnahmen zeigen die verlegten Leitungsstränge in den Wänden. Diese stellen sich dar, da die Schächte, in die Leitungen verlegt wurden, anschließend mit Mörtel ausgefüllt wurden. So lassen sich im Nachhinein mit der Thermographie auch Leitungsführungen noch nachvollziehen. Außerdem weist die Wand in diesem Bild ein anderes Mauerwerk auf, als die eigentliche Außenwand, siehe erste Abbildung. Demzufolge wurde vermutlich auch diese Wand nachträglich eingefügt und dabei auf

andere Baustoffe zurückgegriffen.



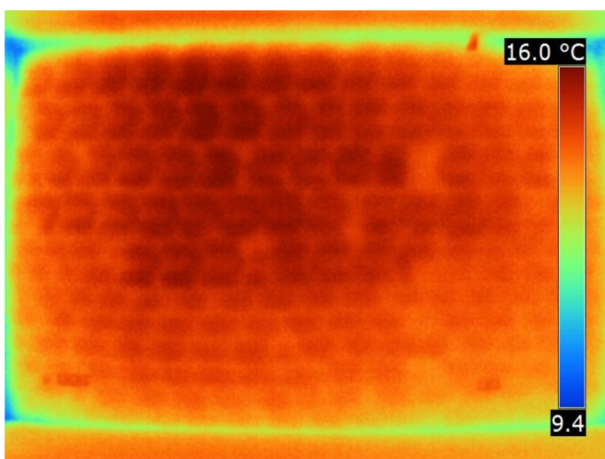
Wie das Bild zuvor bereits zeigte, bestehen die Wände der betrachteten Wohnung aus unterschiedlichen Mauerwerkssteinen, hier ist dies noch besser erkennbar, da sogar in einer Wand zwei verschiedene Arten Steine verwendet wurden. Oberhalb der eingezeichneten roten Linie wurden Großformatige Steine, darunter kleinformatige Steine verwendet.



In einer weiteren Innenwand ließ sich aufgrund voraussichtlich vorgenommener baulicher Änderungen des Wohnungsgrundrisses ebenfalls eine zugemauerte Öffnung feststellen.

Um einen letzten Vergleich durchzuführen, wurde die Wohnung zusätzlich mit einer für die Bau-thermographie üblichen Kamera untersucht. Hierbei ließ sich ermitteln, dass auch diese Aufnahmen für eine grobe erste Einschätzung eingesetzt werden können, die Aufnahmen grundsätzlich jedoch nicht genau genug sind. Folgend wird dies an einigen Beispielen genauer behandelt.

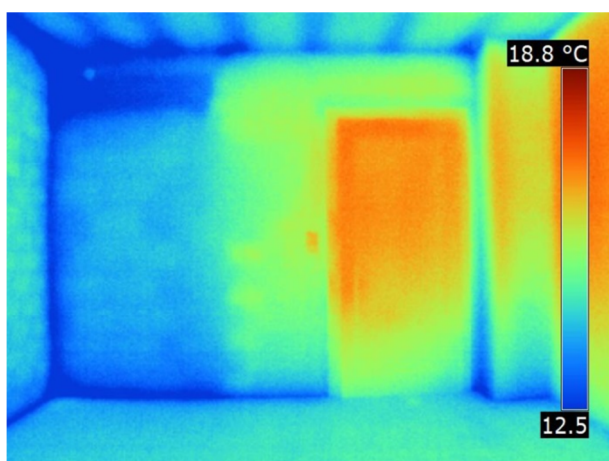
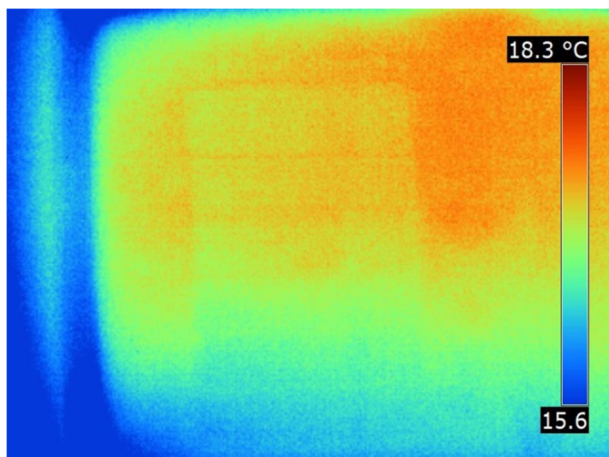
Die Thermographienaufnahmen dieser Wohnung belegen eindeutig, dass es sinnvoll ist, sich genauestens mit der Bausubstanz des Gebäudes zu beschäftigen. Zwar liegen für das hier betrachtete Gebäude ausführliche Bestandsunterlagen vor, jedoch ist dies, wie in Kapitel 2 ausführlich beschrieben, nicht bei jedem Bestandsgebäude der Fall.



*Abbildung 51 Wand aus unterschiedlichen Materialien: Links: Thermographie mit niedriger Auflösung; Rechts Thermographie mit hoher Auflösung*

In den dargestellten Bildern ist die gleiche Wand zu sehen. Bei dieser Wand handelt es sich um eine Innenwand, genauer um eine Wohnungstrennwand. Infolge einer Temperaturdifferenz zwischen den

beiden an die Wand grenzenden Wohnungen bzw. Räume lässt sich durch die Bauthermographiekamera in diesem Beispiel die unterschiedliche Struktur der Wand sichtbar machen. Auch die Bauthermographiekamera zeigt an dieser Stelle, dass die Wand aus verschiedenen Baustoffen besteht. Zwar stellt die Aufnahme die Konturen nicht so genau dar, wie die Aufnahme mit dem leistungsfähigeren Gerät, für eine erste Abschätzung reicht jedoch auch dieses Bild aus.



*Abbildung 52 Nachträglich vermauerte Bereiche in Wänden: Links: Thermographie mit niedriger Auflösung; Rechts Thermographie mit hoher Auflösung*

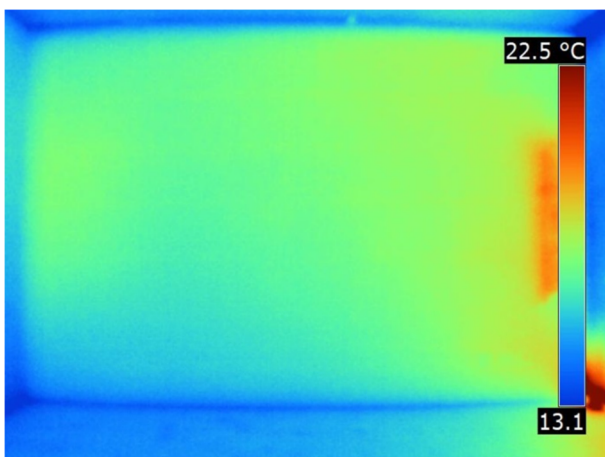
Die zwei Bereiche mit nachträglich vermauerten Öffnungen können ebenfalls den einfachen Bildern der Bauthermographie Kamera entnommen werden. Zwar kann man auch hier die Bereiche nur schwach erkennen, dies würde allerdings auch hier zu einer genaueren Betrachtung der Strukturen auffordern.





*Abbildung 53 Deckenkonstruktion: Links: Thermographie mit niedriger Auflösung; Rechts Thermographie mit hoher Auflösung*

Deckenbalken lassen sich in der Bauthermographie sehr gut sichtbar machen. Dies liegt vermutlich maßgeblich daran, dass sich über dieser Holzbalkendecke ein unbeheizter Dachraum befindet. In beiden Bildern stellt sich dementsprechend die Frage, wie gut die Konturen der Holzbalkendecke erkennbar wären, wenn oberhalb der Decke eine weitere beheizte Wohnung wäre. Da dies im Rahmen der Aufnahmen nicht genauer untersucht werden konnte, da kein geeignetes, freies Objekt zugänglich war, kann hier nur eine Vermutung geäußert werden. Vergleicht man die Bilder miteinander, dann erkennt man, dass bei der hochauflösenden Aufnahme links sehr klare Konturen erkennbar sind, während sich links sehr verschwommen die Balken hervorheben. Gleicht sich die Temperatur der Balken aufgrund einer sehr geringen Temperaturdifferenz zwischen den zwei durch die Decke getrennten Wohnungen an die Zwischenräume an, werden die Konturen in der üblichen Bauthermographie weiter verschwimmen. Dies ist bei den zuvor erläuterten Bildern zu den nachträglich vermauerten Öffnungen ebenfalls der Fall.



*Abbildung 54 Nachträglich eingezogene Wand: Links: Thermographie mit niedriger Auflösung; Rechts Thermographie mit hoher Auflösung*

Bei der Aufnahme dieser Wand zeigt sich, dass die abweichende Materialwahl zu den restlichen Wänden, die sich im rechten Bild zeigt, im linken nicht sichtbar ist. Aus dem linken Bild lässt sich nicht

darauf schließen, ob es sich um eine gemauerte Wand oder eine Stahlbetonwand handelt. Zusätzlich kann man auch die Leitungsführung in der Wand nicht mehr erkennen. Das bedeutet, eine genauere Aufnahme mit hochauflösenden Thermographiekameras kann sich in diesem Fall lohnen.

## **Anhang B.5 Möglichkeiten und Anwendungsgrenzen**

Die gezeigten Möglichkeiten der Thermographie zur Untersuchung von Gebäudestrukturen sind vielfältig. Allerdings gelangt auch dieses Verfahren an einigen Stellen an seine Grenzen. Problematisch sind vor allem die folgend aufgelisteten Randbedingungen:

### **1. Mehrschalige Konstruktionen / zusätzliche Aufbauten**

Hierbei kann es sich um verschiedenste Konstruktionen handeln, beispielsweise zweischaliges Mauerwerk oder hinterlüftete Fassaden, aber auch Konstruktionen wie Vorwandinstallationen oder abgehängte Decken. Das Problem bei diesen Konstruktionen besteht darin, dass die äußeren Strukturen den Blick auf die Tragstruktur des Bauteils verdecken.

Bei zweischaligem Mauerwerk kann beispielsweise immer nur die kameraseitige Mauerwerksschicht dargestellt werden. Ist eine Fassade hinterlüftet, überträgt die Tragstruktur keine Wärme an die Fassade, da die Luftschicht diese vorher abführt. Durch den fehlenden Kontakt kann sich dementsprechend die Tragstruktur nicht in Form ihrer Wärmesignatur auf die Fassadenoberfläche übertragen. Gleiches gilt für abgehängte Decken und Vorwandinstallationen, bei diesen fehlt ebenfalls der direkte Kontakt zum Bauteil. Für eine Betrachtung der Deckenkonstruktion müsste zunächst die abgehängte Decke bzw. die Vorwandinstallation geöffnet und entfernt werden.

### **2. Oberflächenmaterialien mit geringer Wärmeleitfähigkeit**

Sind auf der Oberfläche der Bauteile Materialien wie Dämmungen oder Holz verbaut, behindert dies die Abbildung der tieferliegenden Materialien an der Oberfläche. Dies liegt daran, dass durch die schlechte bzw. geringe Wärmeleitfähigkeit der Oberflächenmaterialien die Wärme innerhalb der Materialien sich zunächst besser verteilt, als beispielsweise in einer Putzschicht mit hoher Wärmeleitfähigkeit. Zum anderen daran, dass sich die Temperaturdifferenz in der Konstruktion anders verteilt. Regt man die Oberfläche aktiv an, benötigt diese weniger Zeit, um die Wärme wieder an die Außenluft abzugeben, als sie in die Konstruktion weiterzuleiten. Die tiefer gelegenen Strukturen können so nicht identifiziert werden.

### **3. Sehr geringe Temperaturdifferenz**

Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen den zwei Oberflächen eines Bauteils ausfällt, desto schwieriger wird es die Struktur des Bauteils in den Aufnahmen sichtbar zu machen. Das Bauteil hat so ein zu geringes Temperaturgefälle und weist im Inneren beinahe die gleiche Temperatur auf, wie an der Oberfläche. Auf der Thermographieaufnahme bildet sich so ein homogenes Temperaturbild ab. Die genauen Grenzen der Temperaturdifferenz konnten im Rahmen dieses Projektes nicht bestimmt werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass auch bei einer Temperaturdifferenz von nur 5 °C zwischen Innen und Außen noch einigermaßen aufschlussreiche Bilder entstanden sind. Hierzu benötigt man jedoch eine wirklich hochauflösende Thermographiekamera.

Des Weiteren sollten solche Aufnahmen genauestens ausgewertet werden, da sich ggf. Unregelmäßigkeiten schlechter abbilden lassen. In diesen Fällen wäre es ratsam entweder bessere Bedingungen abzuwarten oder eine aktive Thermographie durchzuführen, die das Temperaturgefälle im Bauteil erhöht.

### **4. Mächtigkeit und Homogenität der Bauteilschichten**

Abhängig davon, wie dick die Schicht eines Bauteils ausgeführt wird, lassen sich die hinter ihr liegenden Strukturen sichtbar machen. Gleiches gilt für die Homogenität der Bauteilschicht, je homogener eine Schicht aufgebaut ist, desto einfacher lassen sich die inneren Strukturen in den

Thermographieaufnahmen erkennen. Beispielsweise lassen sich durch eine 1-2 cm dicke, homogene Putzschicht hinter ihr liegende Mauerwerksstrukturen einfacher abbilden, als durch eine 24 cm dicke Mauerwerkswand aus Steinen und Fugen weitere Strukturen hinter dem Mauerwerk erkennbar werden. Abhängig von eventuellen Schäden sowie dem von Beginn an inhomogenen Aufbau von Steinen und Fugen lassen sich dahinterliegende Konstruktionen auch durch eine aktive Thermographie nicht mehr abbilden. Infolge der größeren Schichtdicke von 24 cm dauert das Durchdringen der Wärmestrahlung durch die Wand zu lange, um für einen ausreichenden Temperaturgradienten zu sorgen. Die Struktur des Mauerwerks aus Stein und Fuge machen diesen Prozess zusätzlich schwierig, da die Wärmestrahlung nicht gleichmäßig durch die Wand transportiert wird. Dies liegt unter anderem auch daran, dass es sich bei der Wärmeleitung in einem Material nicht um einen zweidimensionalen Vorgang handelt, sondern um eine dreidimensionale Ausbreitung.

### **5. Unregelmäßigkeiten von Baustoffen**

Als Unregelmäßigkeit sind hier beispielsweise unregelmäßige Geometrien zu verstehen, wie es sie bei Hochlochziegeln gibt. Durch die mit Luft gefüllten Hohlräume wird die Wärme langsamer weitergeleitet, als durch die Verbindungsstege im Stein. Dies macht es bei Wänden aus solchen Hochlochziegel sehr schwer, mit einer Thermographieaufnahme Fugen oder klare Strukturen sichtbar zu machen. Durch diese unklaren Grenzen kann es außerdem vorkommen, dass man eventuell nachträglich ebenfalls mit Hochlochziegeln zugemauerte oder ausgemauerte Bereiche nicht klar erkennen kann. Die Aufnahmen sind deshalb genauestens zu betrachten, um auszuschließen, dass es gravierende Festigkeitsunterschiede im Mauerwerk gibt.

### **6. Heizkörper, Heizungsrohre und weitere Hindernisse**

Sollten vor dem zu untersuchenden Bauteil weitere Gegenstände angebracht sein, blockieren diese zunächst natürlich den freien Blick auf das Bauteil. Handelt es sich bei diesen Gegenständen um Heizkörper, Heizungsrohre oder Stromleitungen, welche über Putz verlegt wurden, stellen diese ein weiteres Problem dar. Sind die Leitungen unmittelbar vor der Thermographie noch in Betrieb gewesen, verfälscht die Wärmestrahlung der Körper und Leitungen die Aufnahmen massiv. Es ist demnach darauf zu achten, dass Heizkörper sowie Lampen oder elektrische Geräte über einen möglichst ausgedehnten Zeitraum vor der Thermographie nicht mehr betrieben werden. Die Autoren empfehlen hierzu einen Zeitraum von etwa 12 Stunden, dieser konnte im Rahmen dieses Projektes jedoch nicht ausreichend verifiziert werden und ist als grober Richtwert anzusehen.

### **7. Reflektierende Oberflächen**

Sind an der Oberfläche des Bauteils reflektierende Gegenstände, Farben oder Klebeband vorhanden, ist damit zu rechnen, dass die Thermographieaufnahmen keine tieferliegenden Konstruktionsdetails sichtbar machen. Begründet liegt dies darin, dass durch die reflektierende Oberfläche die Wärmestrahlung im Raum auf die Linse der Kamera geworfen wird. So erscheint die Temperatur dieser Oberflächen deutlich höher, als sie tatsächlich ist und verdeckt die durch Wärmeleitung im Baustoff entstehenden Temperaturunterschiede von Materialien unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit.

### **8. Unregelmäßige Anregung bei aktiver Thermographie**

Wird eine aktive Thermographie durchgeführt, ist darauf zu achten, dass „überlappend“ angeregt wird, da andernfalls zwischen zwei angeregten Bereichen ein Gebiet entsteht, welches eine andere Temperatur ausweist. Ist dieser Bereich klein, wird dies durch die mehrdimensionale Wärmeverteilung zwar ausgeglichen, ist der Bereich jedoch zu groß, kann dies zu Fehleinschätzungen führen. Weiterhin sollte bei einer aktiven Thermographie darauf geachtet werden, dass nur kurz angeregt wird, damit die Wärme schnell ins Innere der Wand dringen kann und die Temperatur der Oberflä-

che nicht dazu führt, dass die inneren Strukturen erst nach langer Wartezeit sichtbar werden. Durch eine stark angeregte Oberfläche strahlt diese lange Wärme in die Umgebung ab. Diese Wärmestrahlung zeigt auf den Thermographieaufnahmen nur die Eigenschaften der Oberfläche, nicht von tieferen Schichten. Regt man das Bauteil zu lange an, benötigt es längere Zeit, bis die Wärmestrahlung sich soweit reduziert, dass tiefere Schichten sichtbar gemacht werden können.

#### **Anhang B.6 Fazit**

Durch eine ausführliche Begehung in Zusammenhang mit einer übersichtsgebenden Thermographieaufnahme lassen sich Problemstellen in der Gebäudesubstanz gut identifizieren. Zwar stößt auch die Thermographie an einigen Stellen auf ihre Grenzen, dennoch ist sie für den Zweck der zerstörungsfreien und möglichst ganzheitlichen Betrachtung eines Bestandsgebäudes sehr gut geeignet.

Ist für ein Bestandsgebäude keine ausreichend genaue Dokumentation vorhanden oder stimmen Pläne mit Zeichnungen nicht überein, kann die Thermographie zwar für Klarheit sorgen. An einigen Punkten sind anschließend jedoch dringend weitere Untersuchungen durchzuführen, welche durch einen Gutachter betreut werden sollten.



**Anhang C Methoden der Bestandsuntersuchung**

Die Angaben der nachfolgenden Tabellen basieren auf den Ergebnissen von [69]

**Anhang C.1 Mauerwerk**

Ziel der Untersuchung Zustands- und Materialuntersuchungen	Methode, Hilfsmittel, Geräte	Anmerkungen	techn. Aufwand	Zerstörend?
Messung Raumklima (relative Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur, Taupunkttemperatur)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Handmessgerät</li> <li>Aufzeichnungsgerät</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kurzzeitmessung</li> <li>Langzeitmessung</li> </ul>	Gering Gering	Zerstörungsfrei Zerstörungsfrei
Erkundung der Baugrundverhältnisse (Art / Dimensionierung Gründungsmauern, Beurteilen von Abdichtungen)	Optische Beurteilung mithilfe von Grabgeräten	Einholen Schachgenehmigung	<b>Hoch</b>	Zerstörungsfrei
Ermitteln Mauerwerksaufbau	Sondierbohrung	Spiral- oder Kernbohrung	Gering	<b>Zerstörend</b>
Erkennen von Gefügen, Hohlräumen, Aufbau von Baukonstruktionen	Endoskopie	Probennahme nicht notwendig	Gering	Zerstörungsfrei
Feststellen von Inhomogenitäten und verdeckter Strukturen	Infrarot-Thermographie	Probennahme nicht notwendig Äußere Bedingungen von hoher Bedeutung	<b>Erhöht</b>	Zerstörungsfrei
Vermessen von Rissen (Rissbreite, Risttiefe, Rissverlauf)	Rissvermessung (z.B. Risslineal, Messlupe)	Probennahme nicht notwendig	Gering	Zerstörungsfrei
Ermittlung von Setzungen und Veränderungen aufgrund von Bauteilbewegungen	Dehnungsmessung (wie Gipsmarken, Dehnungsmessstreifen)	Probennahme nicht notwendig Datenerhalt über längere Zeiträume	Gering	Zerstörungsfrei
Erkenntnisse über Haftverbund bei unterschiedlichen Mauerwerksschichten durch Ermitteln von Hohlstellen	Akustische Bewertung durch Abklopfen mittels kleinem Hammer	Probennahme nicht notwendig	Gering	Zerstörungsfrei
Haftung am Untergrund bei Vorhandensein verschiedener Schichten aufeinander (wie Putz - Mauerwerk; Beschichtung - Putz)	Mobiles Haftzugmessgerät	Prüfstempel aufkleben	<b>Erhöht</b>	<b>Zerstörungsumm</b>
Rohdichte	Messen, Wiegen	Bohrkern > 5 cm, Ausbau Mauersteine / statische Bewertung	<b>Erhöht</b>	<b>Zerstörend</b>
Biegezugfestigkeit	Brechen	Bohrkern > 5 cm, Ausbau Mauersteine	<b>Erhöht</b>	<b>Zerstörend</b>
Druckfestigkeit	Pressen	Bohrkern > 5 cm, Ausbau Mauersteine	<b>Erhöht</b>	<b>Zerstörend</b>
Haftzugfestigkeit	Abreißen	Bohrkern > 5 cm/Verbund	<b>Erhöht</b>	<b>Zerstörend</b>
Spaltzugfestigkeit	Spalten	Ausbau Mauersteine / statische Bewertung	<b>Erhöht</b>	<b>Zerstörend</b>
E-Modul				
a) statisch	a) /	Bohrkern > 5 cm, Ausbau Mauersteine	<b>Erhöht</b>	<b>Zerstörend</b>
b) dynamisch	b) Satzdehnungsmessung	Auswahl Einsatzmaterial in Einzelfällen		
Dehnung				
a) thermisch	a) /	Bohrkern / Auswahl Einsatzmaterial in Einzelfällen	<b>Hoch</b>	<b>Zerstörend</b>
b) hygrisch	b) Satzdehnungsmessung	Bohrkern > 5 cm, Ausbau Mauerstein		
Massenverlust durch Treiberscheinungen, Rissbildungen / Frostbeständigkeit	Frost-Tau-Wechsel-Versuche	Bohrkern > 5 cm, Ausbau Mauerstein	<b>Hoch</b>	<b>Zerstörend</b>

Ziel der Untersuchung	Methode, Hilfsmittel, Geräte	Anmerkungen	techn. Aufwand	Zerstörend?
Analyse Mauerstein				
a) Mineralzusammensetzung, Gefüge, Kornverteilung	a) Lichtmikroskopie	a) Bohrkern, Dünnschliff, Handstück		
b) Zusammensetzung chemisch	b) Messtechnische Analyse		Hoch	Zerstörend
c) Materialzusammensetzung	c) Röntgendiffraktometrie	b) Bis f) Handstück, Bohrkern Bohrmehl / Anwendung selten		
d) Elementare Zusammensetzung	d) Röntgenfluoreszenz-Analyse			
e) Porenraum, Gefüge	e) Rasterelektronenmikroskopie			
f) Elementpunktanalyse / -verteilung	f) Elektronenstrahlmikrosonde			
Analyse Mörtel				
a) Bindemittelart und -menge	a) Nasschemie	a) Bis c) Bohrkern, Bohrmehl, Handstück / Standardmethoden		
b) Karbongehalt	b) Scheibler-Gerät		Hoch	Zerstörend
c) Korngrößenverteilung des Zuschlags	c) Siebanalyse			
d) Zusammensetzung Bindemittel	d) Differentialthermoanalyse, Infrarotspektroskopie, Röntgendiffraktometrie	d) Bohrkern, Bohrmehl, handstück / Anwendung selten		
<b>Schadensmechanismen</b>				
Nachweis von Salzen	Farbreaktion mit Teststreifen	Abkratzen von Ausblühungen, Bohrmehlgewinnung	Gering	Zerstörungsfrei / Zerstörungsarm
Bestimmung Wassergehalt (Materialfeuchtigkeit quantitativ)	Druckaufbau durch Reaktion von Wasser mit Calcium-Carbid (CM-Gerät)	Trockenbohrung	Erhöht	Zerstörungsarm
Ermittlung der kapillaren Wasseraufnahme	Kapillare Wasseraufnahme mit Karsten'schen Prüfröhrchen messen		Erhöht	Zerstörungsarm
Bestimmung Wassergehalt	Darr-Methode	Bohrkern, Handstück	Erhöht	Zerstörungsarm
Hygroskopische Wasseraufnahme	Lagerung in definierter Luftfeuchtigkeit	Bohrkern, Handstück	Erhöht	Zerstörungsarm
Bestimmung maximale Wasseraufnahme (Sättigungsfuchte)	Lagerung in Wasser	Bohrkern, Handstück	Erhöht	Zerstörungsarm
Ermittlung der elektrischen Leitfähigkeit	Spezifische Leitfähigkeit	Bohrkern/-mehl, Handstück	Erhöht	Zerstörungsarm
Bestimmung Gehalt an Anionen (Sulfate, Chloride, Nitrate)	a) Nasschemische Analyse b) Fotometrische Analyse c) Ionenchromatografie	a) bis c) Bohrkern, Bohrmehl, Handstück	Erhöht	Zerstörungsarm
Beurteilung der Art und Weise sowie der Auswirkung von Bewuchs / Besiedlung durch Algen, Pilze, Flechten, Bakterien	Taxonomisch-systematische Analyse mittels differenzierter Spezialkuren	Probenstück vom Bewuchs	Erhöht	Zerstörungsfrei / Zerstörungsarm

Anhang C.2 Betonbauteile

Ziel der Untersuchung	Methode, Hilfsmittel, Geräte	Anmerkungen	techn. Aufwand	Zerstörend?
<b>Zustands- und Materialuntersuchungen</b>				
Temperatur	Thermometer	Probennahme nicht nötig	Gering	Zerstörungsfrei
Feststellen der Oberflächenzugfestigkeit des Betons	Zugprüfgerät (Abreißversuch)	Aufkleben Prüfstempel	Erhöht	Zerstörungsgarm
Messen der Haftung von Beschichtungen	Messerschnitt, Zugprüfmessgerät	Probennahme nicht nötig	Gering	Zerstörungsgarm
Dickenmittlung von Beschichtungen	Keilschnitt, Ultraschall	Probennahme nicht nötig	Erhöht	Zerstörungsgarm
Messung der Betonüberdeckung der Bewehrung	Bewehrungssuchgerät, Magnet	Probennahme nicht nötig	Erhöht	Zerstörungsfrei
Bewertung der Betonkarbonatisierung	Bruchstelle oder Bohrkern, Phenolphthalein, Schiebellehre, Metermaß	Probennahme nicht nötig	Gering	Zerstörungsfrei
Messen der Betondruckfestigkeit	Rückprallhammer	Probennahme nicht nötig	Gering	Zerstörungsfrei
Beurteilung der Bewehrungskorrosion	Potentialmessung	Probennahme nicht nötig	Erhöht	Zerstörungsfrei
Homogenität prüfen	Ultraschall	Probennahme nicht nötig	Erhöht	Zerstörungsfrei
Ermitteln der Dicke von Beschichtungen	Keilschnitt, Ultraschall	Probennahme nicht nötig	Erhöht	Zerstörungsgarm
Bestimmung Rissbreite / Rissbreitenänderung	Risslupe, Strichbreitenlineal, Messmarke, Wegaufnehmer	Probennahme nicht nötig	Gering	Zerstörungsfrei
Betonzusammensetzung	Chemische / mikroskopische Analyse	Art und Gehalt von Zement	Erhöht	Zerstörungsgarm
Bestimmung Rohdichte	Wägung, Messungen		Erhöht	Zerstörungsgarm
Kapillarporosität	Gravimetrische Analyse	Porengehalt	Erhöht	Zerstörungsgarm
Gesamtporengehalt	Quecksilberporosimetrie	Porerverteilung	Hoch	Zerstörungsgarm
Anteil organische Stoffe	Extraktion, Veraschung		Erhöht	Zerstörungsgarm
Ermittlung Karbonatisierung	Phenolphthalein, Schiebellehre, Metermaß		Gering	Zerstörungsfrei
Bestimmung Druckfestigkeit	Druckprüfmaschine		Erhöht	Zerstörend
<b>Schadensmechanismen</b>				
Feuchtezustand des Betons	CM-Gerät	Probestücke	Erhöht	Zerstörungsgarm
Feuchte	Gravimetrische Analyse	Nut trockene Proben	Erhöht	Zerstörungsgarm
Wasseraufnahmevermögen der Oberfläche	Saugversuch		Gering	Zerstörungsfrei
Ermittlung Chloridgehalt	Chemische Analyse		Erhöht	Zerstörungsgarm

**Anhang C.3 Konstruktionsholz**

Ziel der Untersuchung	Methode, Hilfsmittel, Geräte	Anmerkungen	techn. Aufwand	Zerstörend?
Bestimmung der Pilzart	Prüfung Bestimmungs- / Befallsmerkmale, Beitel, Säge, spitzer Gegenstand	Entnahme Holzspan, Myzelstränge, Fruchtkörper	Erhöht	Zerstörungsarm
Bestimmung der Art der holzerstörenden Insekten	Prüfung Bestimmungs- / Befallsmerkmale; Pinsel, Pinzette, Messer	Entnahme von Bohrmehl, Larven und Liegestaub	Gering	Zerstörungsarm
Ermittlung der Holzart	Makroskopie optisch, Lupe	Verwendung Bestimmungsschlüssel	Gering	Zerstörungsfrei
Bestimmung holzerstörender Pilz und Insekten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Molekularbiologische Analyse (DNA) von Pilzen</li> <li>Mikroskopische Bestimmung von Pilzen und Insekten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Befallene Holzstücke</li> <li>Z.B. Larven, Bohrmehl, vorgefundene Insekten Fruchtkörper, Myzel</li> </ul>	Gering	Zerstörungsfrei / Zerstörungsarm
Holzalterbestimmung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datierungsmethode (Dendrochronologie)</li> <li>Zuwachs- oder Spezialbohrer</li> </ul>	Bohrkern bei verbaute Holz	Hoch	Zerstörungsarm
Bestimmung der Holzart	<ul style="list-style-type: none"> <li>Holzanatomische Methode</li> <li>Mikroskopische Untersuchung mittels Durchlichtmikroskop an Dünnschichtpräparaten</li> </ul>	Mindestens eine Probe	Gering	Zerstörungsarm

Anhang D Brandschutzanforderungen

Anforderungen an die Brennbarkeit von Bauteilen (§26 MBO)		feuerhemmend	hochfeuerhemmend	feuerbeständig
Bauordnung	Stand	Bundesland	Mindestanforderung:	Mindestanforderung:
MBO	13.05.2016		Mindestanforderung: (keine Festlegung)	Mindestanforderung: Bauteile, deren tragende und aussteifende Teile aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und die bei raumabschließenden Bauteilen zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen haben
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
BayBO	10.07.2018	Bayern	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
BauO BR	04.09.2018	Bremen	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
HBauO	23.01.2018	Hamburg	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
HBO	28.05.2018	Hessen	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
NBauO	12.09.2018	Niedersachsen	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
SachsBO	27.10.2017	Sachsen	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	Mindestanforderung: wie MBO	Mindestanforderung: wie MBO



Definition der Gebäudeklassen – Vergleich der Bundesländer mit der Musterbauordnung							
Bauordnung	Stand	Bundesland	Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
MBO	13.05.2016		a) Freistehende Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 4000m <sup>2</sup> b) Freistehende land- und forstwirtschaftlich genutzte Gebäude	Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m und nicht mehr als zwei Nutzungseinheiten von insgesamt nicht mehr als 4000m <sup>2</sup>	Sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m	Gebäude mit einer Höhe bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 4000m <sup>2</sup>	Sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BayBO	10.07.2018	Bayern	a) wie MBO b) land- und forstwirtschaftlich genutzte Gebäude	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO BR	04.09.2018	Bremen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBauO	23.01.2018	Hamburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBO	28.05.2018	Hessen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
NBauO	19.09.2018	Niedersachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	Von den Nummern 1 bis 4 nicht erfasste sowie unterirdische Gebäude mit Aufenthaltsräumen

Definition der Gebäudeklassen – Vergleich der Bundesländer mit der Musterbauordnung							
Bauordnung	Stand	Bundesland	Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	a) wie MBO b) freistehende land- und forstwirtschaftlich genutzte Gebäude und Gebäude vergleichbarer Nutzung	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	Freistehende Wohngebäude mit einer Wohnung in nicht mehr als zwei Geschossen, andere freistehende Gebäude ähnlicher Größe, freistehende landwirtschaftliche Betriebsgebäude	Gebäude, bei denen der Fußboden keines Geschosses, in dem Aufenthaltsräume möglich sind, im Mittel mehr als 7 m über der Geländeoberfläche liegt, a) mit nicht mehr als zwei Wohnungen, b) mit drei Wohnungen in freistehenden Gebäuden in Hanglage, wenn die dritte Wohnung im untersten Geschoss liegt und ihren Zugang unmittelbar vom Freien aus hat An die Stelle der Wohnungen nach Satz 2 Nr. 2 können jeweils sonstige Nutzungseinheiten treten, wenn die Nutzfläche des Gebäudes insgesamt 400m <sup>2</sup> nicht überschreitet	Gebäude, bei denen der Fußboden den keines Geschosses, in dem Aufenthaltsräume möglich sind, im Mittel mehr als 7 m über der Geländeoberfläche liegt (wie MBO)	Gebäude, bei denen der Fußboden keines Geschosses, in dem Aufenthaltsräume möglich sind, im Mittel mehr als 13 m über der Geländeoberfläche liegt.	Sonstige Gebäude
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
SächsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	a) wie MBO b) freistehende Gebäude, die einem land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb oder einem Betrieb der gartenbaulichen Erzeugung dienen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO

Anforderungen an Aufzug und Fahrstichthürden (§39 MBO)							
Bauordnung	Stand	Bundesland	Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
MBO	13.05.2016		Anforderung: Fahrstichthürden sind nicht erforderlich	Anforderung: Fahrstichthürden sind nicht erforderlich	Anforderung: Fahrstichthürden: Feuerhemmend	Anforderung: Fahrstichthürden: hochfeuerhemmend	Anforderung: Fahrstichthürden: Feuerbeständig und aus nicht-brennbaren Baustoffen
			<p><b>Ausführung:</b> Ab einer Gebäudehöhe von 13 m müssen Aufzüge in ausreichender Anzahl und Größe (z.B. Platz für eine Krankentrage) vorgesehen werden. Die Zugänglichkeit zu den Aufzügen muss gewährleistet werden. Ausnahmen können für das oberste Geschoss und den Keller getroffen werden, wenn die Herstellung der Zugänglichkeit nur unter sehr schweren Bedingungen möglich wäre. Aufzüge müssen in Fahrstichthürden platziert werden, außer innerhalb von notwendigen Treppenträumen (außer Hochhäusern) oder in Gebäudeklasse 1 und 2. Je Fahrstichthürde sind maximal drei Aufzüge zulässig. Fahrstichthürden aus brennbaren Baustoffen müssen schachtseitig mit einem nichtbrennbaren Baustoff bekleidet sein. Öffnungen in Fahrstichthürden müssen die Brandausbreitung ausreichend lange verhindern. Im Fahrstichthürde muss eine Möglichkeit zur Entrauchung vorgesehen werden.</p>				
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BayBO	10.07.2018	Bayern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	wie MBO	wie MBO	Anforderung: wie MBO	Anforderung: wie MBO	Anforderung: wie MBO
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	wie MBO	wie MBO	<b>Ausführung:</b> Wie MBO außer Punkt 1: Ab mehr als vier oberirdischen Geschossen sind Aufzüge in ausreichender Anzahl und Größe gefordert.	wie MBO	wie MBO
BauO BR	04.09.2018	Bremen	wie MBO	wie MBO	Anforderung: wie MBO	Anforderung: wie MBO	Anforderung: wie MBO
HBauO	23.01.2018	Hamburg	wie MBO	wie MBO	<b>Ausführung:</b> Wie MBO außer Punkt 1: Ab 10,25m Gebäudehöhe sind Aufzüge in ausreichender Anzahl und Größe gefordert.	wie MBO	wie MBO
HBO	28.05.2018	Hessen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
NBauO	19.09.2018	Niedersachsen	wie MBO	wie MBO	Anforderung: wie MBO	Anforderung: wie MBO	Anforderung: wie MBO
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	wie MBO	wie MBO	<b>Ausführung:</b> Wie MBO außer Punkt 1: Ab 12,25m Höhe über der Eingangsebene sind Aufzüge in ausreichender Anzahl und Größe gefordert. Je 20 dauerhaften Benutzern des Aufzuges muss ein Fahrkorplatz bereitgestellt werden.	Anforderung: wie MBO	Anforderung: wie MBO

Ab mehr als drei oberirdischen Geschossen sind Aufzüge in ausreichender Anzahl und Größe gefordert.



Anforderungen an die nichttragende Außenwände (§28 MBO)							
Bauordnung	Stand	Bundesland	Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
MBO	13.05.2016						nichtbrennbare Baustoffe oder raumabschließend feuerhemmend wie MBO
LBO (BW)	21.11.2017	Baden- Württemberg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	nichtbrennbare Baustoffe oder raumabschließend feuerhemmend wie MBO	nichtbrennbare Baustoffe oder raumabschließend feuerhemmend wie MBO
BayBO	10.07.2018	Bayern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO BR	04.09.2018	Bremen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBauO	23.01.2018	Hamburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBO	28.05.2018	Hessen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg- Vorpommern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
NBauO	19.09.2018	Niedersachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein- Westfalen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland				A oder W 30-B	A oder W 30-B
SächsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig- Holstein	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO



Anforderungen an die Fassadengestaltung (§2,8 MBO)							
Bauordnung	Stand	Bundesland	Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland			Luftspalt: wie MBO	Brennbarkeit: B 1 Luftspalt: wie MBO	Brennbarkeit: B 1 Luftspalt: wie MBO
SächsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO	wie MBO	Luftspalt: Bei Außenwandkonstruktionen mit geschossübergreifenden Hohl- oder Lufträumen wie Doppelfassaden und hinterlüfteten Außenwandbekleidungen sind gegen die Brandausbreitung besondere Vorkehrungen zu treffen.	wie MBO	wie MBO
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO

Anforderungen an Fenster, die als Rettungswege dienen (§37 MBO)		Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
Bauordnung	Stand	Bundesland				
MBO	13.05.2016		Ausführung: Die lichte Größe eines Fensters muss mindestens 0,90 m x 1,20 m (Breite x Höhe) betragen. Die Brüstungshöhe zur Fußbodenebene darf nicht mehr als 1,20 m betragen. Fenster in Dachstrahlen dürfen nicht mehr als 1 m horizontal entfernt von der Traufkante angeordnet werden oder ein davorliegender Austritt ist anzuordnen.			
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	Ausführung: wie MBO mit Zusatz: Die lichte Breite kann unterschritten werden nach Abstimmung mit der für den Brandschutz zuständigen Dienststelle. Mindestens wird ein Breit von 0,6 m und Höhe von 0,9m benötigt. Fenster müssen ohne Hilfsmittel vollständig zu öffnen sein.			
BayBO	10.07.2018	Bayern	Ausführung: wie MBO mit Zusatz: Die lichte Größe eines Fensters muss mindestens 0,60 m x 1,00 m (Breite x Höhe) betragen. Das Fenster muss von innen zu öffnen sein.			
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	wie MBO			
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	wie MBO			
BauO BR	04.09.2018	Bremen	wie MBO			
HBauO	23.01.2018	Hamburg	wie MBO			
HBO	28.05.2018	Hessen	wie MBO			
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	wie MBO			
NBauO	19.09.2018	Niedersachsen	Ausführung: wie MBO mit Zusatz: Geneigte Fenster oder Fenster in Dachstrahlen oder Dachaufbauten dürfen als Rettungswege nur vorgesehen werden, wenn sich Personen bei Gefahr von dort aus bemerkbar machen können und von der Feuerwehr gerettet werden können.			
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	Ausführung: wie MBO mit Zusatz: Der Abstand kann in Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle vergrößert werden, wenn von diesem Fenster sich Menschen zu öffentlichen Verkehrsflächen oder zu Flächen für die Feuerwehr bemerkbar machen können.			
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	Ausführung: wie MBO mit Änderung von Punkt 3: Liegen Fenster in Dachstrahlen oder Dachaufbauten, müssen sie so angeordnet und beschaffen sein, dass Personen sich von dort aus bemerkbar machen können und über die Rettungsgeräte der Feuerwehr gerettet werden können.			
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	wie MBO			
SächsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO			
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO			
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	wie MBO			
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	wie MBO			

Anforderungen an Trennwände (§29 MBO)		Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
Bauordnung	Stand	Bundesland				
MBO	13.05.2016					
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauBO	10.07.2018	Bayern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO BR	04.09.2018	Bremen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBauO	23.01.2018	Hamburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBO	28.05.2018	Hessen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
NBauO	19.09.2018	Niedersachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	wie MBO	wie MBO Zusatz: im Dachgeschoss mindestens feuerhemmend	wie MBO Zusatz: im Dachgeschoss mindestens feuerhemmend	wie MBO Zusatz: im Dachgeschoss mindestens feuerhemmend
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz		feuerhemmend	Hochfeuerhemmend und im obersten Geschoss im Dachraum feuerhemmend	feuerbeständig
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	F 30-B (ober- und unterirdisch, auch im Dach) F 90-AB (Explosions- oder erhöhte Brandgefahr)	F 30-B (oberirdisch, auch im Dach) F 90-AB (unterirdisch; Explosions- oder erhöhte Brandgefahr)	F 60-AB oder F 60-BA (oberirdisch) F 30-B (im Dach) F 90-AB (unterirdisch; Explosions- oder erhöhte Brandgefahr)	F 90-AB (ober- und unterirdisch; Explosions- oder erhöhte Brandgefahr) F 30-B (im Dach)
SächsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO





Anforderungen an Brandwände bzw. Brandwändersatzwand (jyo MBO)						
Bauordnung	Stand	Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
MBO	13.05.2016	Bundesland				
		Anforderung: hochfeuerhemmend oder als Gebäudeabschlusswand: von innen nach außen die Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile, jedoch mind. feuerhemmend und von außen nach innen feuerbeständig Ausführung: Bis. Mind. unter die Dachhaut und verbleibende Hohlräume sind vollständig mit nichtbrennbaren Baustoffen bis mind. 30 cm über die Bedachung oder bis unter die Dachhaut, wenn beiderseits 50cm auskragend eine feuerbeständige Platte aus nichtbrennbaren Baustoffen verbaut ist. Brennbare Bauteile dürfen nicht über die Brandwand geführt werden.			Anforderung: Hochfeuerhemmend unter zusätzlicher Feuerbeständig unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Anforderung: Feuerbeständig unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung und aus nichtbrennbaren Baustoffen
		Öffnungen in Brandwänden sind unzulässig. Sie sind in inneren Brandwänden nur zulässig, wenn sie auf die für die Nutzung erforderliche Zahl und Größe beschränkt sind; die Öffnungen müssen feuerbeständige, dicht- und selbstschließende Abschlüsse haben. In inneren Brandwänden sind feuerbeständigen Verglasungen nur zulässig, wenn sie auf die für die Nutzung erforderliche Zahl und Größe beschränkt sind.				
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BayBO	10.07.2018	Bayern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO Blin	09.04.2018	Berlin	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO BR	04.09.2018	Bremen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBauO	23.01.2018	Hamburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBO	28.05.2018	Hessen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
NBauO	19.09.2018	Niedersachsen	Anforderung: wie MBO Ausführung: Zusätzlich: Nur bei einer harten Bedachung dürfen die Brandwände bis unter die Dachhaut geführt werden. Bei nicht harter Bedachung müssen Brandwände bis 50 cm über die Dachhaut reichen.	Anforderung: wie MBO Ausführung: Zusätzlich: Bei nicht harter Bedachung müssen Brandwände bis 50 cm über die Dachhaut reichen.	Anforderung: wie MBO Ausführung: Zusätzlich: Bei nicht harter Bedachung müssen Brandwände bis 50 cm über die Dachhaut reichen.	Anforderung: wie MBO Ausführung: Zusätzlich: Bei nicht harter Bedachung müssen Brandwände bis 50 cm über die Dachhaut reichen.
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	Anforderung: F 60 – AB oder F 60 – BA oder als Gebäudeabschlusswand von innen nach außen die Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile, jedoch mind. feuerhemmend und von außen nach innen feuerbeständig Ausführung: wie MBO	wie MBO	wie MBO	Anforderung: F 90 – A + M Ausführung: wie MBO
SächsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO

Anforderungen an Dächer (§32 MBO)		Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
Bauordnung MBO	Stand 13.05.2016	Bundesland	Bedachungen müssen gegen eine Brandbeanspruchung von außen durch Flugfeuer und strahlende Wärme ausreichend lang widerstandsfähig sein (harte Bedachung).	Bedachungen müssen gegen eine Brandbeanspruchung von außen durch Flugfeuer und strahlende Wärme ausreichend lang widerstandsfähig sein (harte Bedachung).	Bedachungen müssen gegen eine Brandbeanspruchung von außen durch Flugfeuer und strahlende Wärme ausreichend lang widerstandsfähig sein (harte Bedachung).	Bedachungen müssen gegen eine Brandbeanspruchung von außen durch Flugfeuer und strahlende Wärme ausreichend lang widerstandsfähig sein (harte Bedachung).
			Begrünte Bedachungen sind zulässig, wenn eine Brandentstehung bei einer Brandbeanspruchung von außen durch Flugfeuer und strahlende Wärme nicht zu befürchten ist oder Vorker- rungen hiergegen getroffen werden. Weiche Bedachung ist zulässig, wenn bei Wohngebäuden: der Abstand von der Grundstücksgrenze mindestens 6 m beträgt. (Fall 1) der Abstand zu Gebäuden auf demselben Grundstück mit harter Beda- chung mindestens 9 m beträgt. (Fall 2) der Abstand zu Gebäuden auf demselben Grundstück mit weicher Beda- chung mindestens 12 m beträgt. (Fall 3)	Weiche Bedachung ist zulässig, wenn bei Wohngebäuden: der Abstand von der Grundstücksgrenze mindestens 12 m beträgt. der Abstand zu Gebäuden auf demselben Grundstück mit harter Bedachung mindestens 15 m be- trägt. der Abstand zu Gebäuden auf demselben Grundstück mit wei- cher Bedachung mindestens 24 m beträgt.	Weiche Bedachung ist unzulässig	
LBO (BW)	21.11.2017	Baden- Württemberg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BayBO	10.07.2018	Bayern	wie MBO mit kleiner Abweichung bei Fall 1: der Abstand von der Grundstücksgrenze mindestens 9 m beträgt.	wie MBO mit kleiner Abweichung bei Fall 2: der Abstand zu Gebäuden auf demselben Grundstück mit harter Bedachung mindestens 12 m be- trägt.	wie MBO	wie MBO
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO BR	04.09.2018	Bremen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBauO	23.01.2018	Hamburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBO	28.05.2018	Hessen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg- Vorpommern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
NBauO	19.09.2018	Niedersachsen	wie MBO mit kleiner Abweichung (identische Regelung bei GK 1 und 2, gilt auch für GK 3): weiche Bedachung ist zulässig, wenn bei Wohngebäuden: der Abstand von der Grundstücksgrenze mindestens 9 m beträgt. der Abstand zu Gebäuden auf demselben Grundstück mit harter Bedachung mindestens 9 m beträgt. der Abstand zu Gebäuden auf demselben Grundstück mit weicher Bedachung mindestens 12 m beträgt.	wie MBO mit kleiner Abweichung bei GK 1 und 2, gilt auch für GK 3): weiche Bedachung ist zulässig, wenn bei Wohngebäuden: der Abstand von der Grundstücksgrenze mindestens 9 m beträgt. der Abstand zu Gebäuden auf demselben Grundstück mit harter Bedachung mindestens 9 m beträgt. der Abstand zu Gebäuden auf demselben Grundstück mit weicher Bedachung mindestens 12 m beträgt.	wie MBO	wie MBO
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein- Westfalen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
L.BauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
SächsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig- Holstein	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO







Anforderungen an den notwendigen Flur (§36 MBO)							
Bauordnung	Stand	Bundesland	Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
MBO	13.05.2016		Ein notwendiger Flur ist grundsätzlich nicht erforderlich. Ausgenommen im Kellergeschossen von Nicht-Wohngebäuden.	Ein notwendiger Flur ist grundsätzlich nicht erforderlich. Ausgenommen im Kellergeschossen von Nicht-Wohngebäuden.	<p><b>Anforderung:</b> Wände: oberirdisch: feuerhemmend (als raumabschließendes Bauteil) unterirdisch: feuerbeständig (als raumabschließendes Bauteil)</p> <p><b>Ausführung:</b> Notwendige Flure mit einer Fluchtrichtung, die zu einem Sicherheitstreppenraum führen, dürfen nur eine Länge von 15 m besitzen. Wände müssen bis unter die Rohdecke geführt werden oder bis zur Unterdecke, wenn diese den gleichen Feuerwiderstand wie die Wände aufweist. Bekleidungen, Putze, Dämmstoffe, Unterdecken und Einbauten müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Wände und Decken aus brennbaren Baustoffen müssen eine Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen in ausreichender Dicke haben. Türen in Wänden von notwendigen Fluren müssen dichtschließend sein. Zu Lagerräumen im Keller müssen Türen feuerhemmend, dicht- und selbstschließend sein. Die Breite notwendiger Flure muss dem erwarteten Verkehr angemessen sein. Notwendige Flur müssen spätestens alle 30 m in Rauchabschnitte unterteilt werden. Die Türen der Rauchabschlüsse müssen nichtabschließbar, rauchdicht und selbstschließend sein. Höhenversetze mit weniger als drei Stufen sind unzulässig.</p>	<p><b>Anforderung:</b> Wände: Feuerhemmend und im Wesentlichen aus nichtbrennbaren Baustoffen oder mit einer gegen Brandeinwirkung widerstandsfähigen Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen. <b>Ausführung:</b> Wie MBO</p>	
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	wie MBO	wie MBO	<p><b>Anforderung:</b> Wände: feuerhemmend <b>Ausführung:</b> Wie MBO</p>	<p><b>Anforderung:</b> Wände: Feuerhemmend und im Wesentlichen aus nichtbrennbaren Baustoffen oder mit einer gegen Brandeinwirkung widerstandsfähigen Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen. <b>Ausführung:</b> Wie MBO</p>	
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	wie MBO	wie MBO	<p><b>Wände:</b> oberirdisch: F 30 - B (als raumabschließendes Bauteil) unterirdisch: F 90 - AB (als raumabschließendes Bauteil) <b>Ausführung:</b> wie MBO</p>		
SächsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO

Erster und zweiter Rettungsweg (§19 MBO)		Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
Bauordnung	Stand	Bundesland				
MBO	13.05.2016		Ausführung: Jede Nutzungseinheit muss in jedem Geschoss mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungswege ins Freie besitzen. Beide Rettungswege dürfen jedoch innerhalb des Geschosses über denselben notwendigen Flur führen. Aus nicht zu ebener Erde liegenden Geschossen muss der erste Rettungsweg über eine notwendige Treppe führen. Der zweite Rettungsweg kann eine weitere notwendige Treppe oder eine mit Rettungsgeräten der Feuerwehr erreichbaren Stelle der Nutzungseinheit sein. Bei der Verwendung von Rettungsgeräten, die Rettungen über 8 m Höhe ermöglichen müssen, ist die Überprüfung des Vorhandenseins bei der örtlichen Feuerwehr erforderlich. Auf einem zweiten Rettungsweg kann verzichtet werden, wenn der erste Rettungsweg mit einem Sicherheitstreppenraum, wo Rauch und Feuer nicht eindringen kann, versehen wird. wie MBO, außer: der 5. Punkt ist nicht vorhanden.			
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	wie MBO			
BayBO	10.07.2018	Bayern	wie MBO			
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	wie MBO			
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	wie MBO			
BauO BR	04.09.2018	Bremen	wie MBO, außer: der 5. Punkt ist nicht vorhanden.			
HBauO	23.01.2018	Hamburg	wie MBO, außer: der 5. Punkt ist nicht vorhanden.			
HBO	28.05.2018	Hessen	wie MBO, zusätzlich: wenn in ebenerdigen Geschossen die Rettung aus der Nutzungseinheit direkt ins Freie geht, ist ein zweiter Rettungsweg nicht erforderlich.			
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	wie MBO			
NBauO	19.09.2018	Niedersachsen	wie MBO, außer: der 5. Punkt ist nicht vorhanden.			
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	wie MBO, zusätzlich: wenn in ebenerdigen Geschossen die Rettung aus der Nutzungseinheit direkt ins Freie geht und der Fluchtweg nur maximal 15 m beträgt, ist ein zweiter Rettungsweg nicht erforderlich.			
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	wie MBO			
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	wie MBO			
SächsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO			
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO			
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	wie MBO			
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	wie MBO			

Anforderung an notwendige Treppen (§34 MBO)							
Bauordnung	Stand	Bundesland	Gebäudeklasse 1	Gebäudeklasse 2	Gebäudeklasse 3	Gebäudeklasse 4	Gebäudeklasse 5
MBO	13.05.2016		keine Anforderungen	keine Anforderungen	Notwendige Treppe im Gebäude feuerhemmend oder aus nicht brennbaren Baustoffen	Notwendige Treppe im Gebäude in einem Zuge zu allen angeschlossenen Geschossen aus nicht brennbaren Baustoffen	Notwendige Treppe im Gebäude in einem Zuge zu allen angeschlossenen Geschossen feuerhemmend und aus nicht brennbaren Baustoffen
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	Anforderung: wie MBO Ausführung: Wie MBO mit Zusatz: Die Breite der Treppen in Wohngebäuden muss mind. 0,8 m betragen.		Anforderung: wie MBO Ausführung: Wie MBO mit Zusatz: Die Breite von Treppen muss mindestens 1,0 m betragen.		
BayBO	10.07.2018	Bayern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BhgBO	15.10.2018	Brandenburg	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO BR	04.09.2018	Bremen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
HBauO	23.01.2018	Hamburg	Anforderung: Wie MBO Ausführung: wie MBO mit Zusatz: Der ausreichende Treppenabsatz hinter einer Tür, die zur Treppe hin öffnet, muss eine Tiefe von mindestens 0,5 m aufweisen.				
HBO	28.05.2018	Hessen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
NBauO	12.09.2018	Niedersachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	Anforderung: Wie MBO Ausführung: wie MBO mit Zusatz: Der ausreichende Treppenabsatz hinter einer Tür, die zur Treppe hin öffnet, muss eine Tiefe von mindestens der Breite der Tür aufweisen.				
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	Anforderung: Wie MBO Ausführung: wie MBO mit Zusatz: Die nutzbare Breite von notwendigen Treppen muss mindestens 1 m betragen. Bei Gebäudeklasse 2 reichen auch 0,8 m aus. Der ausreichende Treppenabsatz hinter einer Tür, die zur Treppe hin öffnet, muss eine Tiefe von mindestens der Breite der Tür aufweisen				
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	wie MBO	wie MBO	Notwendige Treppe im Gebäude F 30 - B oder A Notw. Treppe als Außentreppe A Ausführung: wie MBO	Notwendige Treppe im Gebäude A Notw. Treppe als Außentreppe A Ausführung: wie MBO	Notwendige Treppe im Gebäude F 30 - A Notw. Treppe als Außentreppe A Ausführung: wie MBO
SächsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO	wie MBO



Anforderungen an den notwendigen Treppenraum (§35 MBO)		Gebäudeklasse 1		Gebäudeklasse 2		Gebäudeklasse 3		Gebäudeklasse 4		Gebäudeklasse 5	
Bauordnung	Stand	Bundesland	Notwendiger Treppenräume sind nicht grundsätzlich erforderlich.	Notwendiger Treppenräume sind nicht grundsätzlich erforderlich.	Anforderung: Wände: feuerhemmend	Anforderung: Wände: hochfeuerhemmend unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung	Anforderung: Wände: In der Bauart von Brandwänden				
MBO	13.05.2016										
LBO (BW)	21.11.2017	Baden-Württemberg	wie MBO	wie MBO							
BayBO	10.07.2018	Bayern	wie MBO	wie MBO							
BauO Bln	09.04.2018	Berlin	wie MBO	wie MBO							
BbgBO	15.10.2018	Brandenburg	wie MBO	wie MBO							
BauO BR	04.09.2018	Bremen	wie MBO	wie MBO							
HBauO	23.01.2018	Hamburg	wie MBO	wie MBO							
HBO	28.05.2018	Hessen	wie MBO	wie MBO							
LBauO M-V	05.07.2018	Mecklenburg-Vorpommern	wie MBO	wie MBO							
NBauO	19.09.2018	Niedersachsen	wie MBO	wie MBO							
BauO NW	21.07.2018	Nordrhein-Westfalen	wie MBO	wie MBO							

Anforderungen an den notwendigen Treppenraum (§35 MBO)		Gebäudeklasse 1				Gebäudeklasse 2				Gebäudeklasse 3				Gebäudeklasse 4				Gebäudeklasse 5				
Bauordnung	Stand	Bundesland	Notwendiger Treppenräume sind nicht grundsätzlich erforderlich.				Notwendiger Treppenräume sind nicht grundsätzlich erforderlich.				Anforderung: Wände: feuerhemmend				Anforderung: Wände: hochfeuerhemmend unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung				Anforderung: Wände: In der Bauart von Brandwänden			
MBO	13.05.2016		Notwendiger Treppenräume sind nicht grundsätzlich erforderlich.				Notwendiger Treppenräume sind nicht grundsätzlich erforderlich.				Anforderung: Wände: feuerhemmend				Anforderung: Wände: hochfeuerhemmend unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung				Anforderung: Wände: In der Bauart von Brandwänden			
LBauO	15.06.2015	Rheinland-Pfalz	wie MBO				wie MBO				Anforderung: Kellergeschoss: feuerbeständig oberirdisch: hochfeuerhemmend oder wie feuerbeständig und einer nichtbrennbaren Schicht, wenn die Tragstruktur brennbar ist. Ausführung: Wie MBO				Anforderung: Kellergeschoss: feuerbeständig oberirdisch: hochfeuerhemmend unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung. Ausführung: Wie MBO				wie MBO			
LBO (SL)	13.06.2018	Saarland	wie MBO				wie MBO				Anforderung: Wände: F 30-B Decke: F 30 - B oder gilt nicht, wenn die Wände bis unter die Dachhaut geführt werden. Ausführung: wie MBO				Anforderung: Wände: F 60 - AB + M oder F 60 - BA + M Decke: F 60 - AB oder F 60 - BA oder gilt nicht, wenn die Wände bis unter die Dachhaut geführt werden. Ausführung: wie MBO				Anforderung: Wände: F 90 - A + M Decke: F 90 - AB oder gilt nicht, wenn die Wände bis unter die Dachhaut geführt werden. Ausführung: wie MBO			
SachsBO	27.10.2017	Sachsen	wie MBO				wie MBO				wie MBO				wie MBO				wie MBO			
BauO LSA	26.07.2018	Sachsen-Anhalt	wie MBO				wie MBO				wie MBO				wie MBO				wie MBO			
LBO (SH)	08.06.2016	Schleswig-Holstein	wie MBO				wie MBO				wie MBO				wie MBO				wie MBO			
ThürBO	18.12.2018	Thüringen	wie MBO				wie MBO				wie MBO				wie MBO				wie MBO			





## Anhang E Tool zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

### Deckblatt

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Aufstockungsmaßnahmen



Forschungsvorhaben: „Leitlinie zur Vereinfachung der Planung und Durchführung von Aufstockungs- / Erweiterungsmaßnahmen als Nachverdichtungsmaßnahme in innerstädtischen Bereichen“

### Auswertung

#### Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

##### Kennzahlen

Statische Werte		
Gesamtkapitalrentabilität	16,50%	✓
Eigenkapitalrentabilität	43,34%	✓
statische Amortisation	28,5 Jahre	✓
Dynamische Werte		
Kapitalwert	546.171,56 €	✓
interner Zinsfuß	27,45%	✓
Dynamische Amortisation	19 Jahre in 2038	✓

## Eingaben

### Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

#### Eingaben

Annahmen Zeiträumen		Wert	Einheit
1	Startdatum des Projekts	2019	Jahr
2	Betrachtungszeitraum	40	Jahre
3	Planungs- und Bauzeit	4	Jahre

Fläche		Wert	Einheit
4	BGF	1100,00	m <sup>2</sup>
5	Wohnfläche (gif)	715,00	m <sup>2</sup>

Bauinvestitionskosten nach DIN 276 (brutto)		Wert	Einheit
6	Grundstück [100]		Euro/m <sup>2</sup> BGF
7	Herrichten und Erschließen [200]		Euro/m <sup>2</sup> BGF
8	Bauwerk - Baukonstruktion [300]	1.200,00 €	Euro/m <sup>2</sup> BGF
9	Bauwerk - Technische Anlagen [400]	850,00 €	Euro/m <sup>2</sup> BGF
10	Außenanlagen [500]		Euro/m <sup>2</sup> BGF
11	Ausstattung und Kunstwerke [600]	150,00 €	Euro/m <sup>2</sup> BGF
12	Baunebenkosten [700]	750,00 €	Euro/m <sup>2</sup> BGF
13	sonstige Kosten [XXX]		Euro/m <sup>2</sup> BGF
	Risikowert	5,50%	
	Risikokosten	178.475,00 €	Euro
	Gesamtkosten inkl. Risiken	3.423.475,00	Euro

Nutzungskosten nach DIN 18960 (brutto)		Wert	Einheit
14	Kapitalkosten [100]		Euro/Jahr
15	Objektmanagementkosten [200]		Euro/Jahr
16	Betriebskosten [300]		Euro/Jahr
17	Instandsetzungskosten [400]	12.000,00 €	Euro/Jahr
18	sonstige Kosten [XXX]		Euro/Jahr
	Risikowert	5,50%	
	Risikokosten	660,00 €	Euro/Jahr
19	Übernahme der Betriebskosten	Nein	

Finanzierung		Wert	Einheit
<b>Ratentilgungsdarlehen</b>			
20	FK Finanzierung	Ja	
21	Anteil FK	70,0%	Prozent
22	Darlehenslaufzeit	24	Jahre
23	Darlehenszinssatz	3,5%	Prozent
<b>Diskontierungszinssatz</b>			
24	Diskontierungszinssatz	1,50%	Prozent

Indexierung		Wert	Einheit
25	Preisindex Mieteinnahmen	3,5%	Prozent
26	Preisindex Baukosten	5,0%	Prozent
27	Preisindex Bewirtschaftungskosten	5,0%	Prozent

Einnahmen		Wert	Einheit
28	Monatskaltmiete pro m <sup>2</sup>	14,00 €	Euro/m <sup>2</sup>

**Anhang F Risikomanagement**

Planungs- und Bauphase						
lfd. Nr.	Risikobeschreibung	Risikowert	Eintrittswahrscheinlichkeit	Schadenshöhe	Risikowert	
1		Risiko 1	2	10%	5%	0,50%
2		Risiko 2	5	25%	5%	1,25%
3		Risiko 3	8	50%	5%	2,50%
4		Risiko n	5	25%	5%	1,25%
5				0%	0%	0,00%
6				0%	0%	0,00%
7				0%	0%	0,00%
8				0%	0%	0,00%
9				0%	0%	0,00%
10				0%	0%	0,00%
11				0%	0%	0,00%
12				0%	0%	0,00%
13				0%	0%	0,00%
14				0%	0%	0,00%
15				0%	0%	0,00%
	Summe					<b>5,50%</b>

Nutzungsphase						
lfd. Nr.	Risikobeschreibung	Risikowert	Eintrittswahrscheinlichkeit	Schadenshöhe	Risikowert	
1		Risiko 1	2	10%	5%	0,50%
2		Risiko 2	5	25%	5%	1,25%
3		Risiko 3	8	50%	5%	2,50%
4		Risiko n	5	25%	5%	1,25%
5				0%	0%	0,00%
6				0%	0%	0,00%
7				0%	0%	0,00%
8				0%	0%	0,00%
9				0%	0%	0,00%
10				0%	0%	0,00%
11				0%	0%	0,00%
12				0%	0%	0,00%
13				0%	0%	0,00%
14				0%	0%	0,00%
15				0%	0%	0,00%
	Summe					<b>5,50%</b>

Risikomatrix			Schadensausmaß		
			Gering (... % der Bezugsgröße)	Mittel (... % der Bezugsgröße)	Hoch (... % der Bezugsgröße)
			1%	5%	10%
Eintrittswahrscheinlichkeit	Hoch	50%	7	8	9
	Mittel	25%	4	5	6
	Gering	10%	1	2	3

## Risikofaktoren

### Risikotabelle

#### Planungs- und Bauphase (bezogen auf die Planungs- und Baukosten)

- 1) fehlende Bestandsunterlagen
- 2) falsche Bestandsunterlagen
- 3) Baugenehmigungsverfahren (Verzögerung / keine Baugenehmigung)
- 4) Anordnung von Auflagen
- 5) Stakeholder (insb. Bestandsmieter)
- 6) Baubetrieb (insb. Baustelleneinrichtung)
- 7) Grundstück
- 8) Baugrund
- 9) Altlasten
- 10) Image
- 11) Ausschreibung und Vergabe
- 12) Planänderungen
- 13) Bewertungsänderung der Immobilie
- 14) Insolvenzen
- 15) Baupreissteigerungen
- 16) Nachtragsrisiken
- 17) Qualitätsrisiken
- 18) Terminverzögerung
- 19) neue / geänderte Vorschriften
- 20) wenig Wettbewerb
- 21) ...

#### Nutzungsphase (bezogen auf die Nutzungskosten)

- 1) fehlende Bestandsunterlagen
- 2) falsche Bestandsunterlagen
- 3) Anordnung von Auflagen
- 4) Stakeholder
- 5) Ausschreibung und Vergabe
- 6) Insolvenzen
- 7) Instandhaltungssteigerung
- 8) Qualitätsrisiken
- 9) Terminverzögerung
- 10) neue / geänderte Vorschriften
- 11) wenig Wettbewerb
- 12) Technologische Innovationen
- 13) ...

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Handhabung des Leitfadens .....	3
Abbildung 2 Bewertungsparameter für Aufstockungen .....	4
Abbildung 3 Tachymeter .....	10
Abbildung 4 Vorgehen beim Nivellement .....	10
Abbildung 5 Beispiel einer Photogrammetrie.....	11
Abbildung 6 Laserscanning .....	11
Abbildung 7 Schadenskartierung eines ausgewählten Mauerwerksbereiches [7].....	13
Abbildung 8 Zu Abbildung 7 zugehörige Dokumentation zur Schadenskartierung.....	13
Abbildung 9 Links: Rissbildung über einem Sturz; Rechts: Nachträglich zugemauerte Öffnung in einer Wand.....	14
Abbildung 10 Wohngebäude mit Baujahr vor 1950 nach Bundesland gegliedert [9].....	17
Abbildung 11 Verteilung der Regionen mit sinnvollem Aufstockungspotential in Deutschland aus [1] .....	18
Abbildung 12 Wohnflächenberchnung bei einem Dachgeschossausbau .....	32
Abbildung 13 Fundamentverbreiterung [15].....	34
Abbildung 14 Links: Fundamentunterfangung mittels Querbalken; Rechts: Fundamentunterfangung mittels Pfahlböcken [15] .....	35
Abbildung 15 Vorgehen zur Nachbemessung eines Bestandsgebäudes für eine Aufstockung.....	41
Abbildung 16 Links: Statisches System eines Bestandsdaches; Rechts: Querschnitt des Kehlriegels ..	42
Abbildung 17 Aufbau des Bestandsdaches (Probegebäude Braunschweig).....	42
Abbildung 18 Dachaufbau des Bestandsdaches in ausgebauter Form.....	43
Abbildung 19 Angenommener Außenwandaufbau der Aufstockungsplanung.....	44
Abbildung 20 Angenommener Flachdachaufbau der Aufstockungsplanung.....	45
Abbildung 21 Windlast auf ein Gebäude mit Satteldach nach DIN 1055 Blatt 4 (Juni 1938).....	47
Abbildung 22 Aufstockungsarten und deren schematischer Einfluss auf die Abstandsflächen (Fabian Jäger 2019).....	58
Abbildung 23 Einbaupflicht von Personenaufzügen .....	59
Abbildung 24 Nachweisverfahren bei Aufstockungen in der EnEV.....	63
Abbildung 25 Bestimmung der Gebäudeklassen nach MBO .....	66
Abbildung 26 Rahmen einer Ökobilanz nach DIN 14040 [39].....	105
Abbildung 27 Lebenszyklus im Gebäudebereich [42] .....	109
Abbildung 28 Lebenszyklusmodule eines Gebäudes nach DIN EN 15978 [41] .....	111

Abbildung 29 Schematisches Vorgehen einer ökologischen Bilanzierung von Aufstockungsmaßnahmen.....	114
Abbildung 30 Ausgeführte Dachaufstockung links vorher, rechts nachher [Quelle: VBW Bauen und Wohnen GmbH, Bochum].....	116
Abbildung 31 Heizwärmeenergiebedarf des gesamten Gebäudes bezogen auf m <sup>2</sup> der BGF in kWh/m <sup>2</sup> a.....	117
Abbildung 32 Globales Erwärmungspotential der Bauteile nach Lebenszyklusphasen.....	118
Abbildung 33 Eingabemaske der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung.....	123
Abbildung 34: Risikomatrix zur Verknüpfung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß.....	127
Abbildung 35 Kennzahlen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung.....	128
Abbildung 36 Ausgangslage für eine Aufstockungsmaßnahme links, Oberste Geschossdecke ohne und rechts, Oberste Geschossdecke mit Attika / Aufkantung.....	140
Abbildung 37 Baubeginn einer Aufstockungsmaßnahme in Holztafelbauart links, auf oberster Geschossdecke ohne und rechts, auf oberster Geschossdecke mit Attika / Aufkantung.....	141
Abbildung 38 Einbau einer neuen lastverteilenden Ebene links, auf oberster Geschossdecke ohne und rechts, auf oberster Geschossdecke mit Attika / Aufkantung.....	142
Abbildung 39 Einbau einer neuen lastverteilenden Ebene links, ohne und rechts, mit Weiterführung einer tragenden Wand in der Aufstockung.....	143
Abbildung 40 Errichtung der Fassade und Ausbildung des Anschlusses Aufstockung / Bestand links, auf oberster Geschossdecke ohne und rechts, auf oberster Geschossdecke mit Attika / Aufkantung	144
Abbildung 41 Innenausbau einer Aufstockung links, auf oberster Geschossdecke ohne und rechts, auf oberster Geschossdecke mit Attika / Aufkantung.....	145
Abbildung 42 Grundrisses des Kellergeschosses eines thermographierten Bestandsgebäudes im Bestand der TU Braunschweig.....	177
Abbildung 43 Kartierung der Probewand zur Verifizierung der Thermographie als ganzheitliche Untersuchungsmethode für Bestandsgebäude.....	177
Abbildung 44 Darstellung der Versuchsdurchführung für die Thermographie.....	178
Abbildung 45 Bild der Hauseingänge des thermographisch untersuchten Bestandsgebäudes in Braunschweig.....	183
Abbildung 46 Ansichtszeichnung der Hauseingänge des thermographisch untersuchten Bestandsgebäudes in Braunschweig.....	184
Abbildung 47 Bild der Hauseingänge des thermographisch untersuchten Bestandsgebäudes in Braunschweig.....	184
Abbildung 48 Ansichtszeichnung der Loggienseite des thermographisch untersuchten Bestandsgebäudes in Braunschweig.....	184
Abbildung 49 Vergleichende Thermographie (Außenaufnahme) mit üblicher Bauthermographiekamera.....	187

---

Abbildung 50 Außenaufnahmen des Gebäudes für die dritte Eruierung der Thermographie als zerstörungsfreie Bauwerksuntersuchung.....	188
Abbildung 51 Wand aus unterschiedlichen Materialien: Links: Thermographie mit niedriger Auflösung; Rechts Thermographie mit hoher Auflösung .....	190
Abbildung 52 Nachträglich vermauerte Bereiche in Wänden: Links: Thermographie mit niedriger Auflösung; Rechts Thermographie mit hoher Auflösung .....	191
Abbildung 53 Deckenkonstruktion: Links: Thermographie mit niedriger Auflösung; Rechts Thermographie mit hoher Auflösung .....	192
Abbildung 54 Nachträglich eingezogene Wand: Links: Thermographie mit niedriger Auflösung; Rechts Thermographie mit hoher Auflösung.....	192

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Baualtersklassen nach der Gebäudetypologie des IWU [8].....	15
Tabelle 2 Gebäudekategorien nach der Gebäudetypologie des IWU [10].....	19
Tabelle 3 Gebäudetypologie für den Leitfaden Aufstockungen.....	19
Tabelle 4 Übersicht erforderlicher und ergänzender Untersuchungen nach [6] (Teil 1).....	21
Tabelle 5 Übersicht erforderlicher und ergänzender Untersuchungen nach [6] (Teil 2).....	22
Tabelle 6 Beschreibung von Fundamentarten hinsichtlich ihrer Eignung für Aufstockungen.....	24
Tabelle 7 Gründe für Bauwerkssetzungen (Abbildungen nach [13]).....	26
Tabelle 8 Dachtypen nach ihrer grundsätzlichen Eignung für Aufstockungsmaßnahmen (Abbildungen nach [13]).....	30
Tabelle 9 Wohnflächenberechnung für ein Satteldach ohne Drempelwand.....	33
Tabelle 10 Wohnflächenberechnung für ein Satteldach mit Drempelwand (Höhe 0,5m).....	33
Tabelle 11 Beschreibung und statische Beurteilung verschiedener Aufstockungsgeometrien .....	37
Tabelle 12 Inhalte der Schweizer Normenreihe SIA 269.....	39
Tabelle 13 Eigengewicht des Bestandsdaches.....	43
Tabelle 14 Eigengewicht durch einen Dachgeschossausbau.....	44
Tabelle 15 Eigengewicht einer Außenwandkonstruktion einer fiktiven Aufstockung.....	45
Tabelle 16 Eigengewicht einer Flachdachkonstruktion einer fiktiven Aufstockung.....	46
Tabelle 17 Resultierende Lasten auf die traufseitigen Außenwände.....	48
Tabelle 18 Nachweis der Außenwände und der Mittelwand hinsichtlich der vertikalen Belastung im KG infolge der resultierenden Lasten .....	49
Tabelle 19 Vorgaben der Baugebiete nach BauNVO für Wohnaufstockungen.....	55
Tabelle 20 Auflistung der notwendigen bauordnungsrechtlichen Vorschriften für die Planung und Durchführung von Aufstockungen in den jeweiligen Bundesländern Stand 01.01.2019.....	57
Tabelle 21 Mindestanforderungen der Brennbarkeit in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsfähigkeit nach MBO .....	67
Tabelle 22 Übersetzung der Feuerwiderstandsfähigkeit nach MVV TB.....	68
Tabelle 23 Auswertung der baurechtlichen Anforderungen in der Gebäudeklasse 3 .....	69
Tabelle 24 Auswertung der baurechtlichen Anforderungen in der Gebäudeklasse 4 .....	70
Tabelle 25 Auswertung der baurechtlichen Anforderungen in der Gebäudeklasse 5 .....	70
Tabelle 26 Festsetzungen zum ersten und zweiten Rettungsweg (Teil 1).....	72
Tabelle 27 Festsetzungen zum ersten und zweiten Rettungsweg (Teil 2).....	73
Tabelle 28 Übersicht der Änderungen beim Gebäudeklassenwechsel (Teil 1).....	75
Tabelle 29 Übersicht der Änderungen beim Gebäudeklassenwechsel (Teil 2).....	76



Tabelle 30 Übersicht der Änderungen beim Gebäudeklassenwechsel (Teil 3).....	77
Tabelle 31 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-2:1940-11 (Teil 1).....	79
Tabelle 32 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-2:1940-11 (Teil 2).....	80
Tabelle 33 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-4:1965-09 (Teil 1).....	81
Tabelle 34 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-4:1965-09 (Teil 2).....	82
Tabelle 35 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-4:1970-02 (Teil 1).....	83
Tabelle 36 Widerstandsfähigkeit von Bauteilen nach DIN 4102-4:1970-02 (Teil 2).....	84
Tabelle 37 Musterabweichung des Feuerwiderstandes von Geschossdecken.....	86
Tabelle 38 Musterabweichung von Holztreppen in Gebäudeklasse 4 und 5 (Teil 1).....	87
Tabelle 39 Musterabweichung von Holztreppen in Gebäudeklasse 4 und 5 (Teil 2).....	88
Tabelle 40 Faserstaubkonzentrationen abhängig von der Expositionskategorie.....	90
Tabelle 41 Möglichkeiten zur Probenentnahme für verschiedene Schadstoffe.....	102
Tabelle 42 Ökobilanzergebnisse der Aufstockungsbauerteile über den Lebenszyklus von 50 Jahren.....	117
Tabelle 43: Berechnung des Diskontierungsfaktors.....	122
Tabelle 44: Wirtschaftlichkeit der statischen Werte.....	130
Tabelle 45: Wirtschaftlichkeit der dynamischen Werte.....	132
Tabelle 46 Bestandstypische Leistungen des Tragwerksplaners in den einzelnen Planungsphasen nach [2] (Teil 1).....	136
Tabelle 47 Bestandstypische Leistungen des Tragwerksplaners in den einzelnen Planungsphasen nach [2] (Teil 2).....	137
Tabelle 48 Bestandstypische Leistungen des Tragwerksplaners in den einzelnen Planungsphasen nach [2] (Teil 3).....	138
Tabelle 49 Übersicht über die angefertigte Gebäudetypologie.....	151
Tabelle 50 Allgemeine Daten – Kleine Häuser Baualtersklasse D (1949-1957) [8].....	152
Tabelle 51 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Kleine Häuser Baualtersklasse D (1949-1957) [8].....	152
Tabelle 52 Allgemeine Daten – Große Häuser Baualtersklasse D (1949-1957) [8].....	153
Tabelle 53 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Große Häuser Baualtersklasse D (1949-1957) [8].....	153
Tabelle 54: Bauteiltabelle Baualtersklasse D [63] (S.76), [64] (S.29), [1] (S.23), [65] (S.119).....	154
Tabelle 55: Typische Mängel und Schäden Baualtersklasse D [64] (S.28/165).....	155
Tabelle 56 Schadstoffbelastungen der Jahre 1958-1968.....	156
Tabelle 57 Allgemeine Daten – Kleine Häuser Baualtersklasse E (1958-1968) [8].....	157
Tabelle 58 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Kleine Häuser Baualtersklasse E (1958-1968) [8].....	157

Tabelle 59 Allgemeine Daten – Große Häuser Baualtersklasse E (1958-1968) [8].....	158
Tabelle 60 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Große Häuser Baualtersklasse E (1958-1968) [8].....	158
Tabelle 61: Bauteiltabelle Baualtersklasse E [63] (S.76), [64] (S.30), [1] (S.23), [65] (S.119).....	159
Tabelle 62: Typische Mängel und Schäden Baualtersklasse E [64] (S.31/165), [66].....	160
Tabelle 63 Schadstoffbelastungen der Jahre 1958-1968.....	161
Tabelle 64 Allgemeine Daten – Kleine Häuser Baualtersklasse F (1969-1978) [8].....	162
Tabelle 65 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Kleine Häuser Baualtersklasse F (1969-1978) [8].....	162
Tabelle 66 Allgemeine Daten – Große Häuser Baualtersklasse F (1969-1978) [8].....	163
Tabelle 67 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Große Häuser Baualtersklasse F (1969-1978) [8].....	163
Tabelle 68: Bauteiltabelle Baualtersklasse F [4] (S.76), [9] (S.32), [11] (S.23).....	164
Tabelle 69: Typische Mängel und Schäden Baualtersklasse E [9] (S.31/165).....	165
Tabelle 70 Schadstoffbelastungen der Jahre 1969-1978.....	166
Tabelle 71 Allgemeine Daten – Einfamilienhäuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8].....	167
Tabelle 72 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Einfamilienhäuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8].....	167
Tabelle 73 Allgemeine Daten – Reihenhäuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8].....	168
Tabelle 74 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Reihenhäuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8].....	168
Tabelle 75 Allgemeine Daten – Große Häuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8].....	169
Tabelle 76 Typische Konstruktionen, Mängel und Schäden – Große Häuser Baualtersklasse G-H (1979-1994) [8].....	169
Tabelle 77: Bauteiltabelle Baualtersklasse G-H [63] (S.76/88), [1] (S.23), [65] (S.119).....	170
Tabelle 78: Typische Mängel und Schäden Baualtersklasse G-H [9] (S.31/165), [67], [68].....	171
Tabelle 79 Schadstoffbelastungen der Jahre 1979 - 1983.....	172
Tabelle 80 Schadstoffbelastungen der Jahre 1984 - 1994.....	173
Tabelle 81 Thermographie eines Bereiches einer Probewand mit unterschiedlichen Verfahren.....	178
Tabelle 82 Auswertung der Thermographieaufnahmen an einer Probewand.....	180
Tabelle 83 Aktive Thermographie - Aufnahme direkt nach, 3 Minuten, 6 Minuten, 9 Minuten und 12 Minuten nach der Anregung.....	182
Tabelle 84 Auswertung einer passiven Thermographie an einem Bestandsgebäude (Außenaufnahme).....	185
Tabelle 85 Auswertung von Thermographieaufnahmen in einer Bestandswohnung (Innenaufnahmen).....	189

## Literaturangaben

- [1] Wohnraumpotentiale durch Aufstockungen. Deutschland-Studie 2015, Tichelmann, U. K., Groß, K. u. Günther, M., Darmstadt 2016
- [2] Sohn, E., Fingerloos, F. u. Wörner, J.-D.: Beton-Kalender 2015 Schwerpunkte. Bauen im Bestand Brücken. Beton-Kalender (VCH) . Hoboken: Wiley 2015
- [3] Potenziale und Rahmenbedingungen von Dachausbauten und Dachaufstockung. Endbericht, BBSR, 2016
- [4] Bielefeld, B. u. Wirths, M.: Entwicklung und Durchführung von Bauprojekten im Bestand. Analyse - Planung - Ausführung. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag 2010
- [5] Leitfade Nachhaltiges Bauen. Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin 2016
- [6] Gänßmantel, J. u. Horn, K.: Bauwerksdiagnostik - Teil 3. Ein wichtiger Faktor zur Qualitätssicherung bei der Werterhaltung und Sanierung von Gebäuden. In: Bausubstanz, S. 48–54
- [7] Gänßmantel, J. u. Horn, K.: Bauwerksdiagnostik - Teil 2. Ein wichtiger Faktor zur Qualitätssicherung bei der Werterhaltung und Sanierung von Gebäuden (Teil2). Bausubstanz (2013) 3, S. 42–48
- [8] Loga, T., Stein, B., Diefenbach, N. u. Born, R.: Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Darmstadt 2015
- [9] Gebäude- und Wohnungsbestand in Deutschland. Erste Ergebnisse der Gebäude- und Wohnungszählung 2011, Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2014
- [10] Deutsche Gebäudetypologie : beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden ; erarbeitet im Rahmen des EU-Projekts TABULA "Typology Approach for Building Stock Energy Assessment", Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. u. Stein, B., Darmstadt 2015
- [11] Gänßmantel, J. u. Horn, K.: Bauwerksdiagnostik - Teil 1. Ein wichtiger Faktor zur Qualitätssicherung bei der Werterhaltung und Sanierung von Gebäuden. In: Bausubstanz, S. 34–40
- [12] Fischer, J.: Bauen im Bestand. Schäden, Maßnahmen und Bauteile: Katalog für die Altbauerneuerung. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller 2009
- [13] Hestermann, U., Rongen, L., Frick, O. u. Knöll, K.: Baukonstruktionslehre 1. Wiesbaden: Springer Vieweg 2015
- [14] Dörner, D. (Hrsg.): Bauen im Bestand. Katalog für die Altbauerneuerung ; mit 54 Tabellen. Bauen im Bestand. Köln: Müller 2015
- [15] Schippinger, K.: Rutschgefährdung und Setzungen sowie deren Sanierungsmaßnahmen. Der Sachverständige 2009 2, S. 69–77
- [16] Norm SIA 269/1, Einwirkungen, Lestuzzi, P., Lausanne 2011
- [17] Hinweise und Beispiele zum Vorgehen beim Nachweis der Standsicherheit beim Bauen im Bestand, Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz, 2008

- [18] Hauth, M.: Vom Bauleitplan zur Baugenehmigung. Bauplanungsrecht, Bauordnungsrecht, Baunachbarrecht. dtv-Taschenbücher Beck-Rechtsberater im dtv, Bd. 5615. München: Dt. Taschenbuch-Verl. 2004
- [19] Endbericht – Dachausbauten und Dachaufstockung
- [20] Hanne, W.: Das öffentliche Baurecht in der Praxis. Köln: Werner Verlag 2017
- [21] Häussermann, D.: Praxiswissen Baurecht für Architekten und Ingenieure. Von der Auftragsakquise bis zum Projektabschluss. Stuttgart: Kohlhammer 2008
- [22] Bundesgerichtshof. 2018
- [23] Umweltbundesamt: Asbest, 2017.  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/chemische-stoffe/asbest>
- [24] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung: BBSR-Berichte Kompakt - Gefahrstoff Asbest, 2010.  
[https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BerichteKompakt/2010/DL\\_2\\_2010.pdf](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BerichteKompakt/2010/DL_2_2010.pdf)
- [25] Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten. Technische Regeln für Gefahrstoffe - Asbest, TRGS 519, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2014
- [26] Berg, A. u. Zwiener, G.: Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller 2014
- [27] Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit Mineralwolle. Technische Regeln für Gefahrstoffe, TGRS-521, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2008
- [28] Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten. Technische Regeln für Gefahrstoffe - Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe, TRGS-905, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2016
- [29] Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCB-Richtlinie), Arbeitsgemeinschaft Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen, 1994
- [30] Kontaminierte Bausubstanz. Erkundung, Bewertung, Entsorgung, Heinzl, M., Augsburg 2003
- [31] Diel, P. D. F.: Innenraumbelastungen. Erkennen, bewerten, sanieren. Beiträge der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF). Wiesbaden: Bauverlag GmbH 1993
- [32] Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit Nordrhein-Westfalen. Leitfaden Gesundheitsbewusst modernisieren. Wohngebäude von 1950 bis 1975, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 2007
- [33] Hinweise für die Bewertung und Maßnahmen zu Verminderung der PAK-Belastung durch Parkettböden mit Teerklebstoffen in Gebäuden (PAK-Hinweise), Arbeitsgemeinschaft Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen, 2000
- [34] Bossemeyer, H.-D., Dolata, S. u. Schubert, U.: Schadstoffe im Baubestand. Erkennen und richtig reagieren - mit Katalog nach Bauteilen und Gewerken. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller 2016

- [35] Benedix, R.: *Bauchemie. Einführung in die Chemie für Bauingenieure und Architekten*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag 2011
- [36] *Flüchtige organische Verbindungen*, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
- [37] *Schadstoffratgeber*, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2017
- [38] Bayerisches Landesamt für Umwelt: *Schadstoffratgeber*, 2017.  
[https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber\\_gebaeuderueckbau/suchregister/gebaeude\\_schnitt/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/suchregister/gebaeude_schnitt/index.htm)
- [39] DIN EN ISO 14040:2009-11. *Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS)*
- [40] DIN EN 15804:2014-07. *Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Normenausschuss Bauwesen (NABau)*
- [41] DIN EN 15978:2012-10. *Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode. Normenausschuss Bauwesen (NABau)*
- [42] König, H., Kohler, N., Kreißig, J. u. Lützkendorf, T.: *Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. Grundlagen, Berechnung, Planungswerkzeuge*. München: Institut für intern. Architektur-Dok. 2009
- [43] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat: *Ökobaudat - Datenbank*, 2017.  
[www.oekobaudat.de](http://www.oekobaudat.de)
- [44] Ungermann, D., Patschin, A., Pätzold, A., Preckwinkel, E., Floerke, P., Weiß, S., Gralla, M., Brandt, T., Ummenhofer, T., Hermann, M., Zinke, T., Herrmann, C., Dettmer, T., Tichelmann, K. U. u. Ziegler, B.: *Integrale Analyse von Bestandsbaumaßnahmen und vergleichende Nachhaltigkeitsbewertung*. *Stahlbau* 83 (2014) 7, S. 441–451
- [45] Xing, Y., Hewitt, N. u. Griffiths, P.: *Renewable and Sustainable Energy Reviews. Zero carbon buildings refurbishment - A Hierarchical pathway* 15 (2011), S. 3229–3236
- [46] Vilches, A., Garcia-Martinez, A. u. Sanchez-Montañes, B.: *Energy and Buildings. Life cycle assessment (LCA) of building refurbishment: A literature review* 135 (2017), S. 286–301
- [47] Ferreira, J., Duarte Pinheiro, M. u. Brito, J.: *Journal of Building Engineering. Economic and environmental savings of structural buildings refurbishment with demolition and reconstruction - A Portuguese benchmarking* 3 (2015), S. 114–126
- [48] De Angelis, E., Dotelli, G., Pittau, F. u. La Torre, A.: *LCA and LCC based Energy Optimization of Building Renovation Strategies. Sustainable buildings - Construction products & technologies. Collection of full papers. Proceedings of the International Sustainable Building Conference Graz 2013, Graz University of Technology*. Graz: Verlag der TU Graz 2013, S. 77–86
- [49] Conticelli, E., Proli, S. u. Tondelli, S.: *Energy and Buildings. Integrating energy efficiency and urban densification policies: Two Italian case studies* 155 (2017), S. 308–323
- [50] *Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)*, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, 2017
- [51] Wöhe, G., Döring, U. u. Brösel, G.: *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. München: Franz Vahlen Verlag 2016

- [52] Mankiw, N. G., Taylor, M. P., Wagner, A. u. Herrmann, M.: Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 2012
- [53] Becker, H. P. u. Peppmeier, A.: Investition und Finanzierung. Grundlagen der betrieblichen Finanzwirtschaft. Lehrbuch. Wiesbaden: Springer Gabler 2018
- [54] Gleißner, W.: Grundlagen des Risikomanagements. Mit fundierten Informationen zu besseren Entscheidungen. Management Competence. München: Verlag Franz Vahlen 2017
- [55] Diederichs, M.: Risikomanagement und Risikocontrolling. Finance Competence. München: Franz Vahlen 2017
- [56] Implementierung. Immobilien-Risikomanagement, Arbeitskreis Immobilien-Risikomanagement, 2009
- [57] Oertel, C.: Quantitatives Risikomanagement in der Immobilienwirtschaft. Bisherige Entwicklungen, Best Practices und Ableitung einer Evolutionsmatrix. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden 2019
- [58] Romeike, F.: Risikomanagement. Studienwissen kompakt. Wiesbaden: Springer Gabler 2018
- [59] Wiedenmann, M.: Risikomanagement bei der Immobilien-Projektentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Risikoanalyse und Risikoquantifizierung. Zugl.: Leipzig, Univ., Diss., 2004. Dissertation / ISB, Institut für Stadtentwicklung und Bauwirtschaft, Universität Leipzig, Bd. 8. Norderstedt: Books on Demand 2005
- [60] Bentheim, M. v.: HOAI-Praxis Bauen im Bestand. Honorarermittlung und prüfbare Schlussrechnung der Architekten und Fachplaner. Bauwerk. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH 2016
- [61] Gemeindeprüfungsanstalt Baden-Württemberg: GPA-Mitteilung Bau 1/2014. Mitzuverarbeitende vorhandene Bausubstanz (§ 2 Abs. 7, § 4 Abs. 3 HOAI 2013), abgerufen am: 14.05.2019
- [62] Gefahrstoff Asbest. BBSR-Berichte KOMPAKT, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn 2010
- [63] Fanslau-Görlitz, D.: Atlas Bauen im Bestand. Katalog für nachhaltige Modernisierungslösungen im Wohnungsbaubestand ; mit 168 Tabellen. Köln: Müller 2008
- [64] Dörner, D. (Hrsg.): Bauen im Bestand. Katalog für die Altbauerneuerung. Bauen im Bestand. Köln: Müller 2015
- [65] BBSR-Analysen Kompakt 06/2018. Kommunale Wohnungsbestände in Deutschland, Claßen, G., Bonn 2018
- [66] Baunetz Wissen: Baualtersstufe der 60er Jahre, 2018. <https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualtersstufen/baualtersstufe-der-60er-jahre-148200>, abgerufen am: 02.12.2018
- [67] Fischer, A.: Typische Schwachstellen Mängel nach Baujahren, 2018. [https://www.wsw-immobilien.de/website/down\\_files/baujahrmaengel.pdf](https://www.wsw-immobilien.de/website/down_files/baujahrmaengel.pdf), abgerufen am: 30.12.2018
- [68] Fischer, K.: Sanierungsbedarf bei Häusern der 80er, 2018. [https://www.rnz.de/ratgeber/hausgarten\\_artikel,-Haus-Garten-Fitness-Check-30-plus-Sanierungsbedarf-bei-Haeusern-der-80er-\\_arid,265893.html](https://www.rnz.de/ratgeber/hausgarten_artikel,-Haus-Garten-Fitness-Check-30-plus-Sanierungsbedarf-bei-Haeusern-der-80er-_arid,265893.html), abgerufen am: 30.12.2018

- [69] Fouad, N. A. u. Richter, T.: Leitfaden Thermografie im Bauwesen. Theorie, Anwendungsgebiete, praktische Umsetzung. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2012