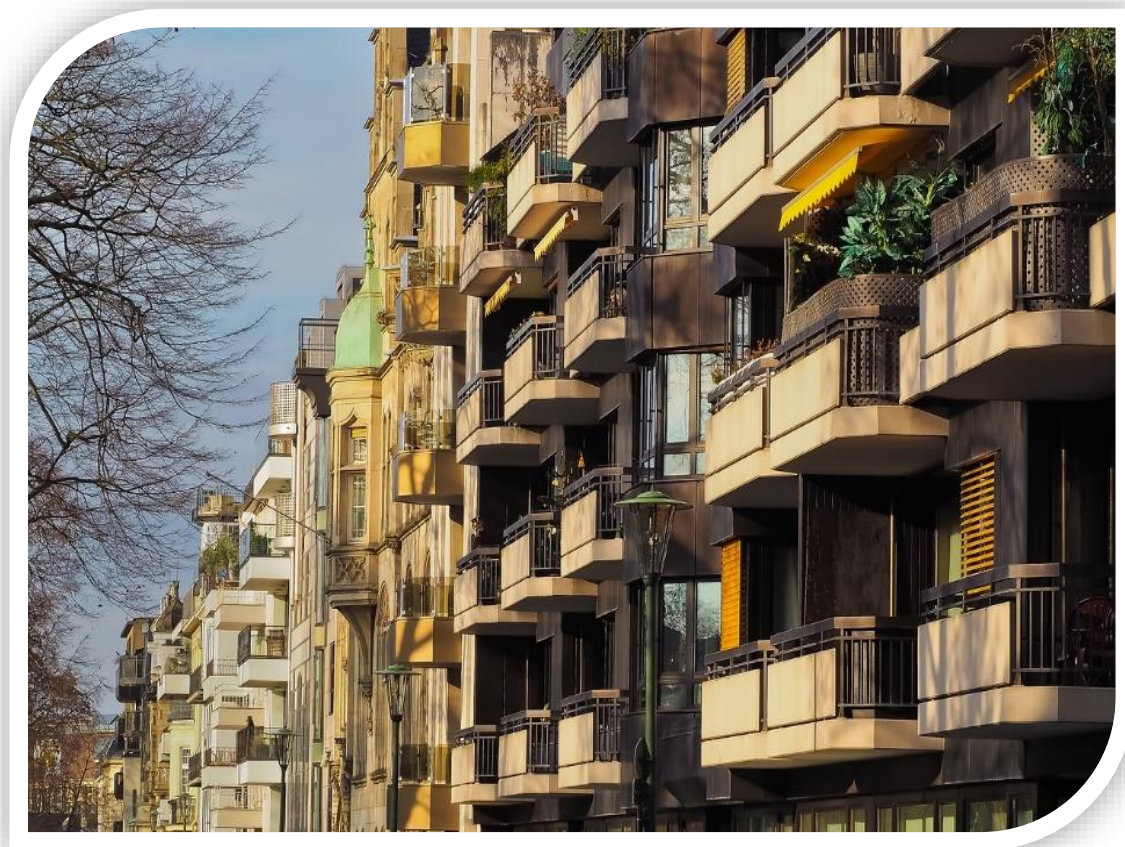


LowEx-Konzepte für die Wärmeversorgung von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden

Bericht zu AP 1.1:

# Systematische Analyse der Mehrfamilien-Bestandsgebäude



Der vorliegende Bericht ist Ergebnis der wissenschaftlichen Querspanne »LowEx-Bestand Analyse« des thematischen Projektverbunds »LowEx-Konzepte für die Wärmeversorgung von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden (LowEx-Bestand)«. In diesem Verbund arbeiten Forschungsinstitute mit Herstellern von Heizungs- und Lüftungstechnik und mit Unternehmen der Wohnungswirtschaft zusammen. Gemeinsam werden Lösungen entwickelt, analysiert und demonstriert, die den effizienten Einsatz von Wärmepumpen, Wärmeübergabesystemen und Lüftungssystemen bei der energetischen Modernisierung von Mehrfamiliengebäuden zum Ziel haben.

LowEx-Systeme arbeiten durch geringe Temperaturdifferenzen zwischen Heizmedium und Nutzwärme besonders effizient. Wärmepumpen haben dabei erhebliches Potenzial zur Absenkung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Wärmebereitstellung. Für die energetische Modernisierung von Mehrfamiliengebäuden ist der Einsatz solcher Systeme mit besonderen Herausforderungen und Anforderungen an die Übergabe der Raumwärme, die Warmwasserbereitung und die Nutzung von Umweltwärme verbunden. Diese Herausforderungen werden in LowEx-Bestand adressiert.



# Projekt LowEx-Bestand Analyse

## Bericht zu AP 1.1

# Systematische Analyse der Mehrfamilien-Bestandsgebäude

Stand: 30.06.2020

Autoren: Bernd Ebert (KIT), Beatrice Rodenbücher (INATECH), Dr. Stefan Hess (INATECH), Benjamin Köhler (ISE), Dr. Constanze Bongs (ISE), Prof. Andreas Wagner (KIT)

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

KIT - Die Forschungsuniversität in der Helmholtz- Gemeinschaft

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 03SBE0001

[www.lowex-bestand.de](http://www.lowex-bestand.de)





## Kurzfassung

Innerhalb des Arbeitspaketes 1.1 „Systematische Analyse des Gebäudebestandes“ werden diverse Quellen hinsichtlich des deutschen Mehrfamilienhausbestandes ausgewertet. Ziel ist es auf Basis der in diesem Bericht zur Verfügung gestellten Informationen im weiteren Verlauf des Projekts repräsentative Mehrfamilienhaus-Referenzgebäude zu definieren und darauf zugeschnittene LowEx-Systeme zu entwickeln.

Der deutsche Mehrfamilienhausbestand wird zunächst hinsichtlich der Gebäudegröße und des Baualters, der Eigentumsverhältnisse sowie der regionalen Verteilung übersichtlich dargestellt. Geometrische Gebäudeparameter wie Bauform, Gebäudeerschließung, Grundrissorganisation sowie Wohnungs- und Raumgrößen werden anschließend umfassend analysiert. Weiterhin wird der Bestandszustand der thermischen Gebäudehülle untersucht sowie Sanierungszustände und -zyklen definiert. Die Analyse der Anlagentechnik (v.a. Heizungsanlagen) im Mehrfamilienhausbestand ist ein weiterer wichtiger Bestandteil dieser Arbeit, um das Einsatz- und Energieeinsparpotenzial von LowEx-Systemen bewerten zu können.

Neben der detaillierten Auswertung der „deutschen Wohngebäudetypologie“ des IWU (TABULA-Projekt) werden hierfür eine Vielzahl anderer Quellen betrachtet, welche im Anhang ausführlich beschrieben sind. Der Hauptteil der Datenerhebung zur Bestandsanalyse wurde zu Beginn des Projekts (2017/2018) vom KIT durchgeführt. Im Fortgang des Projekts (2019/2020) wurde der Bericht durch das INATECH überarbeitet und aktualisiert.

Dieser Bericht dient insbesondere als Datengrundlage für die Definition der Referenzgebäude, welche im Bericht zum Arbeitspaket 3.1 „LowEx-Bestand Referenzgebäude: Geometrie, Bauphysik, Last-Zeitreihen und Sanierungsszenarien“ dokumentiert sind.

## Abstract

Within the work package 1.1 "Systematic analysis of the building stock", various sources are being evaluated with regard to the German multi-family building stock. The aim is to define representative multi-family reference buildings based on the information provided in this report in the further course of the project and to develop LowEx systems tailored to them.

The German multi-family building stock will first be clearly presented in terms of building size and age, ownership and regional distribution. Geometric building parameters such as construction form, building development, floor plan organization as well as apartment and room sizes are then comprehensively analyzed. Furthermore, the existing condition of the thermal building envelope is examined and renovation conditions and cycles are defined. The analysis of the plant engineering (above all heating systems) in the multi-family building stock is a further important component of this work, in order to be able to evaluate the application and energy saving potential of LowEx systems.

In addition to the detailed evaluation of the "German residential building typology" of IWU (TABULA project), a number of other sources are considered for this purpose, which are described in detail in the appendix. The main part of the data collection for the analysis of the building stock was carried out by KIT at the beginning of the project (2017/2018). As the project progressed, the report was revised and updated by INATECH (2019/2020).

This report serves in particular as a data basis for the definition of the reference buildings, which are documented in the report on work package 3.1 "LowEx reference buildings: geometry, building physics, load time series and refurbishment scenarios".

# Inhalt

Kurzfassung.....	V
Abstract .....	VI
Inhalt.....	VII
Glossar .....	IX
Abkürzungen .....	XII
1 Einleitung.....	1
1.1 Untersuchungsgegenstand .....	1
1.2 Ziele.....	1
1.3 Kriterien zur Kategorisierung/ Typisierung von Gebäuden .....	1
2 Mehrfamilienhaus-Bestand .....	5
2.1 Gebäudegröße und Baualter von Mehrfamilienhäuser .....	5
2.2 Eigentumsverhältnisse .....	7
2.3 Regionale Verteilung .....	8
3 Gebäudegeometrie von Mehrfamilienhäusern.....	11
3.1 Bauform, Siedlungsstrukturen und Freiflächen .....	11
3.2 Gebäudeerschließung .....	14
3.3 Typische Grundrissorganisation.....	17
3.4 Gebäudeorientierung.....	19
3.5 Fensterflächen und -größen.....	21
3.6 Stockwerksanzahl und Gebäudeabschlüsse .....	23
3.7 Platzbedarf von Treppenhäusern .....	26
3.8 Wohnungsgrößen .....	30
3.9 Haushaltsgrößen .....	32
3.10 Raumgrößen.....	32
3.11 Wohnungs- und Raumtemperaturen.....	34
4 Thermische Gebäudehülle .....	37
4.1 Fenster- und Außenwandtypen .....	37
4.2 Sanierung der Gebäudehülle und typische U-Werte.....	38
4.3 Typische Sanierungszyklen.....	42
4.4 Denkmalschutz.....	46
5 Technische Anlagen.....	47
5.1 Verteilung und Übergabe .....	47
5.2 Alter der Heizungsanlagen .....	48
5.3 Beheizungsart der Raumheizung .....	50
5.4 Energieträger der Raumheizung .....	54
5.5 Heiztechnik .....	56



5.6	Trinkwarmwasser.....	56
5.7	Lüftung.....	58
5.8	Erneuerbare Energien an/ auf dem Gebäude .....	58
6	LowEx-Referenzgebäude.....	59
6.1	LowEx-Baualtersperioden.....	59
6.2	Geometrische und thermische Gebäudeparameter .....	60
7	Zusammenfassung Gebäudebestandsanalyse .....	61
8	Anhang .....	63
8.1	Quellen- und Datenbasis .....	63
8.2	OSM- Daten in CAD- Programme übergeben .....	68
8.3	Umgang mit Reihenhauszeilen.....	73
8.4	Ergänzendes Material.....	77
9	Literaturverzeichnis .....	89

## Glossar

### **A/V-Verhältnis**

Das  $A/V_e$ -Verhältnis (kurz: A/V-Verhältnis) ist eine Kenngröße zur Beschreibung der Kompaktheit eines Gebäudes. Es bildet den Quotienten aus wärmeabgebender Hüllfläche und beheiztem Bauwerksvolumen. Die Einheit ( $m^2/m^3$ ) beträgt  $1/m$ . Je kleiner das A/V-Verhältnis, um so kompakter ist das Gebäude. Eine hohe Kompaktheit zeugt durch die geringeren Transmissionswärmeverluste zumeist von einer hohen energetischen Effizienz. Für Reihenendhäuser mittlerer Kompaktheit mit zwei bis drei Vollgeschossen liegt das A/V-Verhältnis in etwa zwischen  $0,51$  bis  $0,78$   $1/m$ . Für entsprechende Reihemittelhäuser liegt es zwischen  $0,39$  und  $0,65$   $1/m$ . Freistehende Mehrfamilienhäuser mittlerer Kompaktheit mit drei bis vier Vollgeschossen haben ein A/V-Verhältnis von  $0,38$  bis  $0,57$   $1/m$ . (RWE 2010, S. 1/7 f.)

### **Baualtersperiode (BAP)**

Im Rahmen des Projekts LowEx-Bestand wurden basierend auf den vom Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) für die deutsche Wohngebäude-Typologie definierten Baualtersklassen (Loga et al. 2015) und von Daten des Zensus 2011 (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011a) sogenannte Baualtersperioden (BAP) definiert. Die MFH vor 1958 wurden wenig standardisiert erbaut und stehen oft unter Denkmal- bzw. Ensembleschutz. MFH der BAP 1958-78 haben einen hohen Anteil am Bestand, wurden standardisiert, aber noch vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung erbaut und sind häufig teilsaniert. MFH der BAP 1979-1994 wurden unter Berücksichtigung von Energieeinspar-Vorgaben erbaut und sind oft noch unsaniert.

### **Bauweise (offen oder geschlossen)**

Die Bauweise beschreibt gem. Baunutzungsverordnung den Grenzabstand eines Gebäudes. Es wird hierbei regulär zwischen offener und geschlossener Bauweise unterschieden.

Bei vorgeschriebener offener Bauweise müssen Einzel- oder Doppelhäuser oder Hausgruppen mit einer maximalen Länge von  $50m$  mit seitlichem Grenzabstand errichtet werden (Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland, § 22; Abs. 2), wobei eine genaue Festsetzung der zulässigen Hausform auf eine bzw. zwei der drei genannten Formen im Bebauungsplan möglich ist.

Bei festgesetzter geschlossener Bauweise müssen die Gebäude hingegen ohne seitlichen Grenzabstand errichtet werden (Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland 1990, § 22, Abs. 3). Ausnahmen aufgrund bestehender Baukörper sind jedoch zulässig.

### **Bruttogrundfläche (BGF)**

Die Bruttogrundfläche bildet die Summe der Konstruktionsgrundflächen (KGF) und der Nettraumflächen (NRF) eines Gebäudes. Nicht begehbare Flächen und reine (nicht nutzbare) Revisionsbereiche finden keinen Eingang in die Berechnung. Die Berechnungsgrundlage bildet die DIN 277-1:2016-01.

### **Bruttorauminhalt (BRI)**

Der Bruttorauminhalt beschreibt das Volumen des Gebäudes inkl. Konstruktionen. Ausstülpungen, wie Gründungsbauwerke, Lichtschächte, Dach- und Schornsteinüberstände fließen dabei nicht in die Betrachtung mit ein. Die genaue Berechnungsgrundlage bildet die DIN 277-1.

### **Geschossfläche (GF)**

Die Geschossfläche beschreibt die Fläche eines nach Außenmaßen gemessenen Vollgeschosses. (Hotzan und Urich 2004, S. 184 f.)

### **Geschossflächenzahl (GFZ)**

Die Geschossflächenzahl beschreibt im baurechtlichen Sinne die maximal zulässige Geschossfläche. Sie bildet den Quotienten aus Geschossfläche und Grundstücksfläche (Hotzan und Urich 2004, S. 184 f.). Bei Bauten mit nur einem Vollgeschoss kann ihr Wert maximal 1,0 sein. Bei mehrgeschossigen Bauten kann die Zahl deutlich über 1,0 liegen.

### **Grundfläche (GR)**

Die Grundfläche ist eine bauordnungsrechtliche Größe und beschreibt den Teil eines Grundstücks, der von baulichen Anlagen überdeckt werden darf. (Hotzan und Urich 2004, S. 182 f.)

### **Grundflächenzahl (GRZ)**

Die Grundflächenzahl gibt an wie groß die bebaubare Grundfläche eines Grundstücks ist. Die maximale GRZ ist 1,0 (Hotzan und Urich 2004, S. 182 f.). Dann wäre das gesamte Grundstück überbaubar. Die GRZ schwank stark zwischen ländlichen und städtischen Gebieten.

### **Konstruktionsgrundfläche (KGF)**

Die Konstruktionsgrundfläche ist Teil der Bruttogrundfläche. Sie umfasst alle aufstrebenden Bauteile wie Pfeiler, Stützen, Wände sowie Installationsschächte Schornsteine und Aufzugsschächte inkl. Hohlraum. Die genaue Berechnungsgrundlage bildet die DIN 277-1.

### **Nettoraumfläche (NRF)**

Die Nettoraumfläche ist Teil der BGF eines Gebäudes. Sie bezeichnet die Summe aus Nutzungsflächen (NUF), Technikflächen (TF) und Verkehrsflächen (VF). Die genaue Berechnungsgrundlage bildet die DIN 277-1.

### **Nutzungsfläche (NUF)**

Die Nutzungsfläche, eine Teilfläche der NRF, bestimmt die wesentliche Nutzung des Bauwerks. Die DIN 277-1 schlägt zur Klassifizierung der Nutzflächen sieben Kategorien vor. Eine weitere Unterteilung ist zulässig. Die genaue Berechnungsgrundlage bildet die DIN 277-1.

### **Technikfläche (TF)**

Die Technikfläche ist eine Teilfläche der Nettoraumfläche. Sie beschreibt alle Flächen, die Technischen Anlagen zur Ver- und Entsorgung des Gebäudes beinhalten. Die genaue Berechnungsgrundlage bildet die DIN 277-1.

### **Verkehrsfläche (VF)**

Die Verkehrsfläche ist eine Teilfläche der Nettoraumfläche. Sie beschreibt Flächen zu horizontalen und vertikalen Erschließung des Bauwerks. Die genaue Berechnungsgrundlage bildet die DIN 277-1.

**Vollgeschoss**

Das Vollgeschoss beschreibt ein zur Bestimmung des Maßes der baulichen Nutzung - insbesondere der GF und der GFZ - zu verwendendes Geschoss. Es wird in den Landesbauordnungen der Länder teilweise höchst unterschiedlich definiert.

**Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)**

Der U-Wert ist eine Kenngröße zur Beschreibung des Transmissionswärmeverlustes durch ein Bauteil. „[...]r beschreibt den Wärmestrom in Watt, der bei einer Temperaturdifferenz von einem [...] Kelvin [...] zwischen Innen- und Außenseite je  $m^2$  Bauteilfläche hindurchgeht. Seine Einheit ist  $W/(m^2K)$ . Je kleiner der U-Wert, umso geringer sind die Wärmeverluste des Bauteils.“ (RWE 2010, S. 1/5)

Bei Fenstern kann es vorkommen, dass die U-Werte für Rahmen, Glas und das gesamte Fenster (Einheit aus Rahmen und Glas) gesondert angegeben werden. Dabei werden folgende Indizes verwendet:

f: Abkürzung für frame; bezeichnet den U-Wert des Fensterrahmens

g: Abkürzung für glazing; bezeichnet den U-Wert der Scheibe

w: Abkürzung für window; bezeichnet den U-Wert des gesamten Fensters

## Abkürzungen

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
------------------	------------------

A/V-Verhältnis	Verhältnis von Hüllfläche des konditionierten Gebäudes zu seinem Volumen
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
ALB	automatisiertes Liegenschaftsbuch
ALK	automatisierte Liegenschaftskarte
ALKIS	amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
AP	Arbeitspaket
ARGE	Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.
BAK	Baualtersklasse
BAP	Baualtersperiode
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BauO	Bauordnung
Bbl.	Beiblatt
BGF	Brutto-Grundfläche
BMK	Bauministerkonferenz
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMZ	Baumassenzahl
BO	Bauordnung
BPIE	Buildings Performance Institute Europe
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BReg.	Bundesregierung (der Bundesrepublik Deutschland)
BRI	Brutto-Rauminhalt/ Bruttorauminhalt
CIAM	Congrès International d'Architecture Moderne
DDR	Deutsche Demokratische Republik
Destatis	Statistisches Bundesamt
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsförderung
EACI	Executive Agency for Competitiveness and Innovation
EASME	Executive Agency for Small and Medium sized Enterprises
EB	Energiebezugsfläche
EBF	Energiebezugsfläche
EFH	Einfamilienhaus

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
EnEV	Energieeinsparverordnung
EPISCOPE	Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks
EST	energetischer Stadtraumtyp (i.S.v. UrbanReNet)
FeuV	Feuerungsverordnung
FeuVO	Feuerungsverordnung
g-Wert	Energietransmissionsgrad
GF	Geschossfläche
GFZ	Geschossflächenzahl
GHD	Sektorbezeichnung für Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GMH	großes Mehrfamilienhaus - mehr als 12 Wohneinheiten
GR	Grundfläche
GRZ	Grundflächenzahl
IWU	Institut Wohnen und Umwelt GmbH
JOSM	Java-OpenStreetMap-Editor
k.A.	keine Angabe(n)
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KGF	Konstruktionsgrundfläche/ Konstruktions-Grundfläche
klineG	Forschungsprojekt: Klimaneutraler Gebäudebestand 2050
KMH	kleines Mehrfamilienhaus - 3- 6 Wohneinheiten
LBauO	Landesbauordnung
LBO	Landesbauordnung
LGL	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden- Württemberg
M-FeuVO	Musterfeuerungsverordnung
MBO	Musterbauordnung
MFH	Mehrfamilienhaus
MMH	mittleres Mehrfamilienhaus - 7- 12 Wohneinheiten
NE	Nutzungseinheiten
NRF	Nettoraumfläche/ Netto-Raumfläche
NUF	Nutzungsfläche
ODbL	Open Database License
OSM	Open Street Map
ST	Stadtraumtyp

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
s.u.	siehe unten
TABULA	Typology Approach for Building Stock Energy Assessment
TF	Technikfläche
TRH	Treppenhaus
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient von Bauteilen
UBA	Umweltbundesamt
v.a.	vor allem
VF	Verkehrsfläche
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WE	Wohneinheit
WE	Wohneinheiten
Whg.	Wohnung
WLG	Wärmeleitgruppe
Zi.	Zimmer

# 1 Einleitung

## 1.1 Untersuchungsgegenstand

Vielfach wird zitiert, dass Deutschland gebaut sei. Tatsächlich ist die Zahl der Neubauten am Mehrfamilienhaus (MFH)-Gebäudebestand gering. Dagegen sind ca. 80 % des Gebäudebestandes älter als 30 Jahre (gebaut bis 1987). Etwa 40 % sind älter als 60 Jahre. (Walberg et al. 2011, S. 12) Die Gebäude mit einem Alter über 30 Jahre stehen potentiell vor einer grundlegenden Sanierung. Bei den Gebäuden über 60 Jahren muss diskutiert werden, inwieweit umfassend saniert wird, oder ob lediglich in den Bestandserhalt investiert wird und final ein Ersatzneubau angestrebt wird.

Im Rahmen von umfassenden Sanierungen kommen diverse Maßnahmen in Betracht. Nachfolgend eine exemplarische, nicht abschließende Übersicht über häufig vorgenommene Veränderungen:

- Sanierung der Gebäudehülle zur Verbesserung von Wärme- und Schallschutz
- Anpassung der Wohnungsgrößen an aktuelle Wohnbedürfnisse
- Anpassung an den demographischen Wandel durch Ergänzung von barrierefreien Erschließungsflächen (Nachrüstung von Rampen und Aufzügen, Verbreiterung von Türen, Vergrößerung insbesondere der sanitären Einrichtungen)
- Austausch der Wärmeerzeuger, Wärmeverteiler-, und Wärmeübergabesysteme

Schon an diesen vier Punkten sieht man, dass sich die Maßnahmen schwer abgrenzen lassen, häufig sogar eine Kombination von Maßnahmen eine Verbesserung des Sanierungserfolges mit sich bringt.

Eine Kernfragestellung ist, ob und wie sich bestehende Mehrfamilienhäuser nach ihrem Baualter hinsichtlich Grundrisstypologie und Bauform, sowie technischer Gebäudeausrüstung und energetischem Standard klassifizieren bzw. typisieren lassen. Eine daraus möglicherweise resultierende Regelmäßigkeit bei der Sanierung der Typgebäude könnte somit als Entscheidungshilfe für zukünftige Sanierungsprojekte dienen und die Sanierungsprozesse beschleunigen.

## 1.2 Ziele

Im Rahmen des Arbeitspaketes (AP) 1.1 sollen diverse Studien und statistische Erhebungen hinsichtlich Mehrfamiliengebäuden gefiltert und übersichtlich dargestellt werden. Ziel ist es, einen allgemeinen Überblick über den deutschen Mehrfamilienhausbestand in einem detaillierten Umfang bereitzustellen.

Ferner soll untersucht werden, ob die Datensätze einzelner Typologien (bisher meist nach Baualtersklassen kategorisiert) durch typische Grundrisse und Erschließungsformen - sowohl bezogen auf Bewohnerinnen und Bewohner, als auch auf die technische Infrastruktur - ergänzt werden können. Auch die Betrachtung der Gebäudehülle ist ein wichtiger Aspekt dieser Arbeit. Neben der Medienverteilung sind zudem die eingesetzte Anlagentechnik sowie die Medienübergabe (insbesondere die Wärmeübergabe) für die nachfolgenden Arbeiten von Interesse. In allen genannten Bereichen ist die in den letzten ca. zehn bis fünfzehn Jahren erfolgte Sanierungsentwicklung interessant.

Auf Basis der in diesem Bericht zur Verfügung gestellten Informationen sollen im weiteren Verlauf des Projekts repräsentative MFH-Typen (sog. LowEx-Referenzgebäude) definiert werden und darauf zugeschnittene LowEx-Systeme entwickelt werden.

## 1.3 Kriterien zur Kategorisierung/ Typisierung von Gebäuden

Ideal wäre anhand weniger, leicht zu ermittelnder Kriterien abschätzen zu können, welche Tragweite Sanierungsmaßnahmen – sowohl baulicher, als auch technischer Natur – auf den Energieverbrauch eines MFH haben. Nachfolgend wird ein Überblick über gängige Merkmale gegeben, die im Hinblick



auf den deutschen Gebäudebestand in Kapitel 2 bis 5 näher analysiert werden. Inwiefern einzelne der nachfolgend aufgezählten Kategorien zu einer Präzisierung der LowEx-Gebäudebeispiele genutzt werden können, wird im Fortgang der Arbeit untersucht (siehe Kapitel 6).

### 1.3.1 Gebäudenutzung, Gebäudegröße und Baualter

Die Unterscheidung hinsichtlich der Gebäudenutzung ist sinnvoll, da die im Gebäude stattfindenden Prozesse unmittelbar Einfluss auf den Energieverbrauch des Gebäudes haben. In den meisten Studien wird zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden unterschieden. Bei einer energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599 werden die Nichtwohngebäude in der Regel nach Nutzung zoniert (Ausnahme: Einzonen-Modelle). Im Wohnungsbau wird das Gebäude generell als Einzonen-Modell erfasst.

In der Literatur wird der Wohnungsbau weiter unterschieden in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser, wobei die Ein- und Zweifamilienhäuser häufig zusammengefasst, die Mehrfamilienhäuser hingegen je nach Größe oftmals weiter unterteilt werden. Dies beruht auf den unterschiedlichen Verhältnissen von Hüllflächen zu Gebäudevolumen und der unterschiedlichen Personenzahl, da hierdurch sich stark unterscheidende Nutzungsprofile und somit Energiebedarfe entstehen. Da im Wohnungsbau häufig die Größe des Gebäudes direkt mit der Anzahl der Bewohnerinnen und Bewohner, also der Nutzung, zusammenhängt, gelten die o.g. Phänomene auch direkt für die Gebäudegröße. Essentiell für die Beschreibung eines Gebäudes ist zudem dessen Erbauungsjahr. Viele Studien verwenden zur Klassifizierung des Gebäudebestandes sogenannte Baualtersklassen (BAK). Die zugehörigen Daten sind in Kapitel 2.1 dargestellt.

### 1.3.2 Eigentumsverhältnis und regionale Verteilung

Im Zuge einer zielgerichteten Informations- und Werbekampagne zu gebäudeenergetischen Sanierungsmöglichkeiten ist es entscheidend, die Zielgruppen und die Verteilung der Gebäude und Wohnungen auf verschiedene Eigentümergruppen zu kennen. Das Eigentumsverhältnis im MFH-Bestand ist in Kapitel 2.2 dargestellt.

Der bauliche Bestand ist stark abhängig von unterschiedlichsten Einflussgrößen. Neben im gesamten Bundesgebiet weitgehend gleichmäßig auftretenden Einflussfaktoren (wie z. B. äußere Erschließung, baurechtliche Reglementierung etc.) gibt es auch stark regionaltypische Einflüsse. Vorweg sind hier Unterschiede in Baumaterialien und Bauteilaufbauten, sowie stark unterschiedliche Einkommen genannt. In Kapitel 2.3 wird die regionale Verteilung des Gebäudebestands untersucht.

### 1.3.3 Bauform, Erschließung und Gebäudeaufteilung

Eine Vielzahl von Autorinnen und Autoren begann schon sehr früh die Bauform von Gebäuden zu unterscheiden. Neben der Nutzung und Größe sind bauliche Struktur und Form (z.B. Dach) hauptsächliche Teilungskriterien. Eine Übersicht über die gängigen Bauformen bietet z.B. das Werk Gebäudelehre (Schönfeld 1992). Kapitel 3.1 geht auf die wichtigsten Bauformen, Siedlungsstrukturen und zugehörige Freiflächen im Gebäudebestand ein.

Abhängig von der Gebäudenutzung ergibt sich häufig eine für den Nutzungszweck besonders gut oder schlecht geeignete Erschließungsform. Daher wird in Kapitel 3.2 eine Übersicht über mögliche Erschließungsformen für Mehrfamiliengebäude gegeben und darauf aufbauend typische Wohnungsgrundrisse (siehe Kapitel 3.3) abgeleitet. Weitere Analysen der Gebäudegeometrie werden hinsichtlich der Gebäudeorientierung, Fensterflächen, Stockwerksanzahl, Gebäudeabschlüsse sowie Treppenhäuser (siehe Kapitel 3.4-3.7) durchgeführt.

In Kapitel 3.8-3.10 werden typische Wohnungs-, Haushalts- und Raumgrößen im MFH-Gebäudebestand untersucht.

#### 1.3.4 Qualität der thermischen Gebäudehülle und Anlagentechnik

Der Gebäudebestand wird meist entsprechend der baukonstruktiven Entwicklung innerhalb des Untersuchungsgebietes, also der in einem Zeitraum am häufigsten anzutreffenden typischen Gebäudehülle, eingeteilt. In Kapitel 4 werden die Fenster- und Außenwandtypen analysiert sowie Bauteil-spezifische Wärmedurchgangskoeffizienten nach BAK und Sanierungszustand ermittelt.

In Kapitel 5 wird die Anlagentechnik im Gebäudebestand analysiert. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Beheizung, der Trinkwarmwassererwärmung und der Lüftung. Weitere technische Anlagen wie z.B. die Beleuchtung und die Hub- und Förderanlagen (Aufzüge) werden nicht untersucht, da ein Typisierungsansatz zu unwahrscheinlich scheint.



## 2 Mehrfamilienhaus-Bestand

### 2.1 Gebäudegröße und Baualter von Mehrfamilienhäuser

Vom Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) werden in der deutschen Wohngebäudetypologie die Gebäude nach drei Größen unterschieden, Ein- und Zweifamilienhäuser (EFH/ZFH), Mehrfamilienhäuser mit drei bis 12 Wohneinheiten (MFH) und große Mehrfamilienhäuser mit mehr als 12 Wohneinheiten (GMH) (Loga et al. 2015). Nachfolgend sollen die beiden den deutschen Mehrfamilienhausbestand beschreibenden Gruppen MFH und GMH eingehend betrachtet werden. Abbildung 1 zeigt die Anteile von EFH/ZFH, MFH und GMH am deutschen Gebäudebestand.

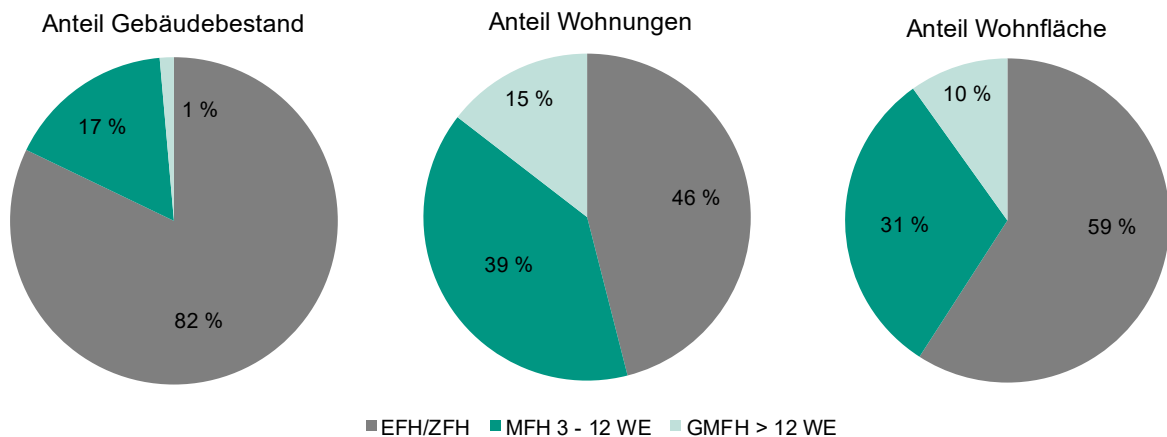


Abbildung 1 – Anteile der Ein- und Zweifamilienhäuser (EFH/ZFH), der Mehrfamilienhäuser mit drei bis 12 Wohneinheiten (MFH 3 – 12 WE) und der großen Mehrfamilienhäuser mit mehr als 12 Wohneinheiten (GMH > 12 WE) am deutschen Gebäudebestand. (Eigene Darstellung nach Bürger et al. 2016)

Betrachtet man den gesamten Gebäudebestand, entfallen lediglich 18 % der Gebäude auf Mehrfamilienhäuser mit drei oder mehr Wohneinheiten (vgl. Abbildung 1). Bezieht man die Anteile der Mehrfamilienhäuser auf die Anzahl der Wohnungen (54 %) oder die Wohnfläche (41 %), wird deren große Bedeutung hinsichtlich der Ziele zur Klimaneutralität bzw. Dekarbonisierung des Gebäudesektors deutlich.

Tabelle 1 zeigt die detailliertere Datenauswertung der deutschen Wohngebäudetypologie nach sogenannten Baualtersklassen (BAK) (Loga et al. 2015, S. 19). Unterschieden wird erneut zwischen Mehrfamilienhäusern mit drei bis 12 Wohneinheiten (MFH) und großen Mehrfamilienhäuser mit mehr als 12 Wohneinheiten (GMH). Zur Veranschaulichung der Daten ist die Anzahl an Wohneinheiten über die Baualtersklassen A-J gesondert in Abbildung 2 graphisch dargestellt.

Tabelle 1 – Anzahl Wohngebäude/ Wohneinheiten und Wohnfläche gem. dt. Wohngebäudetypologie. (Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 19)

BAK	Zeitraum	Dauer [a]	MFH (3- 12 WE)					GMH (> 12 WE)				
			Anzahl Geb.	Anzahl WE	Wohnfläche [10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> ]	WE/Geb.	Wohnfläche/ WE [m <sup>2</sup> ]	Anzahl Geb.	Anzahl WE	Wohnfläche [10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> ]	WE/Geb.	Wohnfläche/ WE [m <sup>2</sup> ]
A	...-1860	-	54.000	214.000	16	4	74,8	600	11.000	0,7	18	63,6
B	1861-1918	57	442.000	2.177.000	163	5	74,9	28.700	526.000	35,8	18	68,1
C	1919-1948	29	388.000	1.911.000	129	5	67,5	7.400	126.000	7,9	17	62,7
D	1949-1957	8	356.000	2.003.000	125	6	62,4	17.300	308.000	17,0	18	55,2
E	1958-1968	10	586.000	3.348.000	225	6	67,2	34.000	818.000	47,1	24	57,6
F	1969-1978	9	412.000	2.313.000	169	6	73,1	50.100	1.366.000	86,7	27	63,5
G	1979-1983	4	146.000	852.000	64	6	75,1	15.000	356.000	21,9	24	61,5
H	1984-1994	10	309.000	1.826.000	133	6	72,8	28.700	605.000	34,8	21	57,5
I	1995-2001	6	244.000	1.390.000	104	6	74,8	20.900	408.000	25,5	20	62,5
J	2002-2009	7	85.000	461.000	39	5	84,6	7.600	151.000	10,4	20	68,9
A- J	...-2009*	-	3,0 · 10 <sup>6</sup>	16,5 · 10 <sup>6</sup>	1.200	-	-	0,2 · 10 <sup>6</sup>	4,7 · 10 <sup>6</sup>	300	-	-

\*gerundete Werte

Aus der Tabelle und der Abbildung wird ersichtlich, dass die im Zeitraum von 1958 bis 1968 (BAK E) erbauten Gebäude nach ihrer Gebäudeanzahl die größte Gruppe des MFH-Gebäudebestandes darstellt (vgl. farbige Markierung in Tabelle 1 links). Sie sind gleichzeitig die Baualtersklasse mit den meisten Wohnungen und - bei absoluter Betrachtung - mit der meisten Wohnfläche. Beleuchtet man die Wohnfläche pro Wohneinheit, stellt sich heraus, dass sie noch deutlich unter der Vorkriegswohnfläche liegt. Das Vorkriegsniveau wird erst in den 80er Jahren wieder erreicht.

Betrachtet man große Mehrfamilienhäuser, so stellen die in den Jahren von 1969 bis 1978 erbauten Gebäude die (nach Gebäudezahl, Anzahl an Wohneinheiten und Wohnfläche) größte Gruppe dar (vgl. farbige Markierung in Tabelle 1 rechts). Die mittlere Wohnfläche pro Wohneinheit erreicht bei den großen Mehrfamiliengebäuden bereits in den 70er Jahren wieder das Vorkriegsniveau.

Die deutsche Wohngebäudetypologie wurde bereits um die Baualtersklassen K (2010- 2015) und L (ab 2016) erweitert. Die Baualtersklassen nach 2010 sind jedoch weniger relevant für das Projekt, da bei diesen in naher Zukunft keine energetische Sanierung notwendig ist.

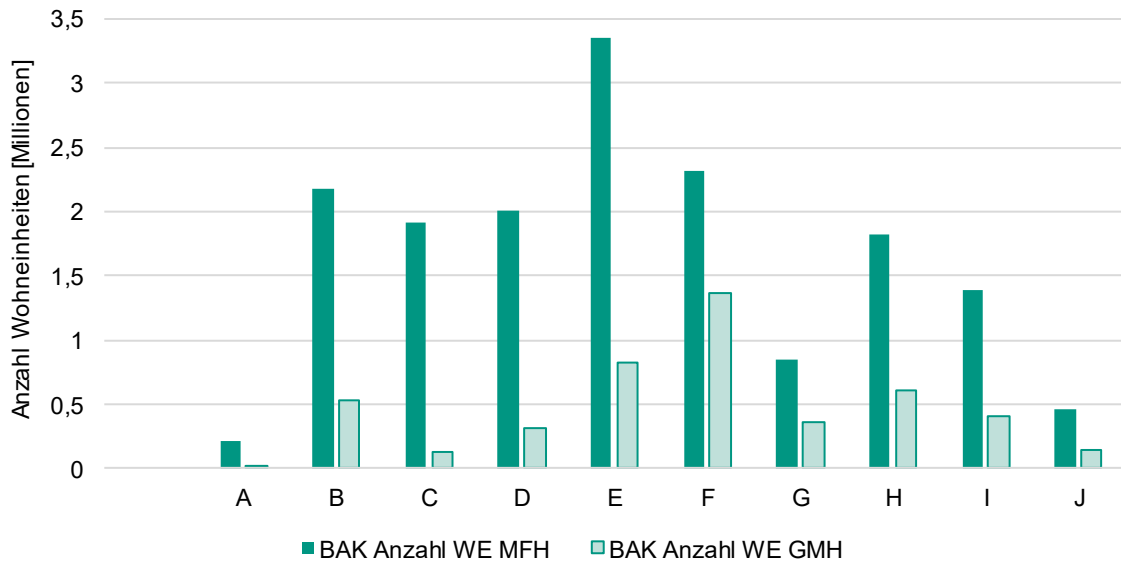


Abbildung 2 – Anzahl von Wohneinheiten aufgeteilt nach MFH (3-12 WE) und GMH (> 12 WE), gemäß der BAK. (Eigene Darstellung nach Loga et al. 2015, S. 19)

## 2.2 Eigentumsverhältnisse

Im Unterschied zu Ein- und Zweifamilienhäusern, von denen ca. 96 % im Besitz von Privatpersonen sind, ergibt sich bei der Betrachtung der Eigentumsverhältnisse bei Mehrfamilienhäusern eine weitaus diversere Besitzverteilung (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 43). Die Eigentumsverhältnisse sind in Abbildung 3 dargestellt.

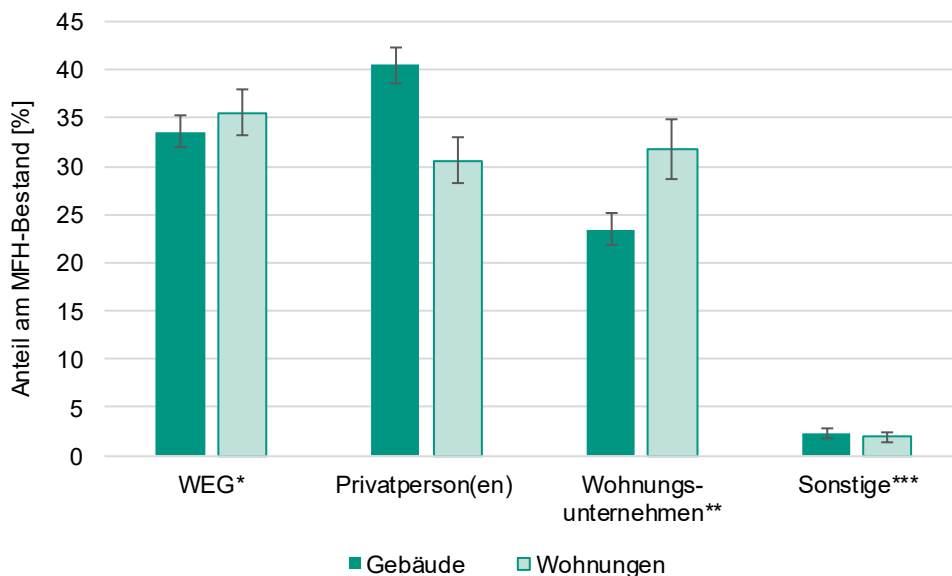


Abbildung 3 – Eigentumsverhältnisse der MFH bezogen auf die Gebäude und Wohnungen im Besitz der vier Eigentümerinnen- und im Verhältnis zum Gesamtbestand. (Eigene Darstellung nach Cischinsky und Diefenbach 2018)

\*Wohnungseigentümergeinschaft

\*\*Wohnungsgenossenschaft, privatwirtschaftliches oder kommunales Wohnungsunternehmen, Kommune

\*\*\*Anderes privatwirtschaftliches Unternehmen, Bund, Land, Organisation ohne Erwerbszweck (z. B. Kirche)

Die größte Eigentümerinnen- und Eigentümergruppe, bezogen auf die Anzahl der Gebäude, stellen Privatpersonen mit 40,5 %. Stellt man dies in Zusammenhang mit den 30,6 % der Wohnungen im Besitz von Privatpersonen lässt sich erkennen, dass vorwiegend kleine Mehrfamilienhäuser im Besitz von Privatpersonen sind. Der umgekehrte Trend lässt sich bei Wohnungsunternehmen beobachten. Diese besitzen 23,5 % der Gebäude, jedoch 31,8 % der Wohnungen. Dies lässt darauf schließen, dass Wohnungsunternehmen vor allem große Mehrfamilienhäuser mit vielen Wohneinheiten besitzen (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 42).

### 2.3 Regionale Verteilung

Aus den Daten des Zensus 2011 (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011) wird ersichtlich, dass 17,5 % des gesamten Gebäudebestandes (nicht nur MFH) in den ostdeutschen Bundesländern angesiedelt ist. Der Großteil befindet sich also in den westdeutschen Bundesländern. Dies liegt vor allem an dem in Abbildung 4 erkennbaren deutlichen Anstieg der Bebauung in den alten Bundesländern nach Gründung der BRD.

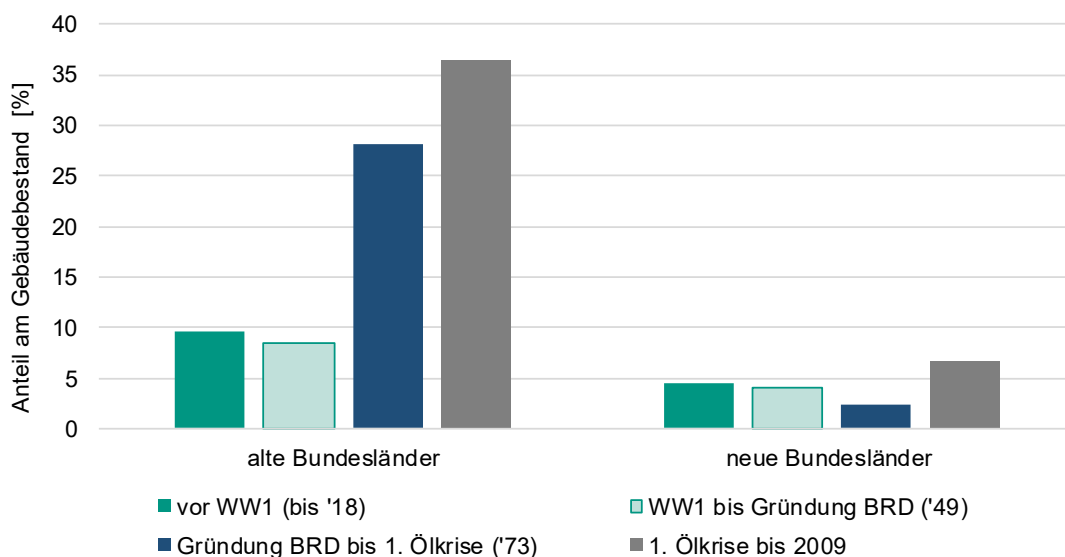


Abbildung 4 – Verteilung des Gebäudebestand nach Baualter zwischen Ost- (rechts) und West-Deutschland (links). (Eigene Darstellung nach Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011)

Die Vermutung liegt nahe, dass bei großräumiger Betrachtung in einkommensschwachen Regionen das vorzufindende Baualter höher ist als in einkommensstarken Regionen. Zur Untersuchung des Sachverhaltes wurden aus dem Zensus 2011 alle Gebäude mit Wohnraum nach Baualtersklassen und Bundesländern gefiltert. Zudem wurden die Einkünfte nach Bundesländern und die Anzahl der Einkommensteuerpflichtigen pro Bundesland in dreijährigem Abstand von 1992 bis 2010 ermittelt. Daraus wurde das mittlere Einkommen pro Einwohner errechnet und als Einkommensindex prozentual dargestellt. Die detailliertere Verteilung des Gebäudebestandes nach Bundesländern sowie der Einkommensindex sind folgend in Tabelle 2 zu finden.

*Tabelle 2 – Gebäudeanzahl, deren Anteil am Bestand und Einkommensindex in den deutschen Bundesländern. (Datenbasis: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011)*

Alte Bundesländer	Baden-Württemberg	Bayern	Bremen	Hamburg	Hessen	Niedersachsen
Anzahl Gebäude	2.425.709	3.012.660	139.867	246.508	1.399.633	2.218.092
Anteil am Bestand [%]	12,82	15,92	0,74	1,30	7,40	11,72
Einkommensindex [%]*	87,4	83,5	53,7	100	90,1	60,72
Alte Bundesländer	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Schleswig-Holstein		
Anzahl Gebäude	3.881.868	1.183.475	307.532	804.640		
Anteil am Bestand [%]	20,51	6,25	1,63	4,25		
Einkommensindex	80,3	67,3	59,7	73,8		
Neue Bundesländer	Berlin	Brandenburg	Mecklenburg-Vorpommern	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Thüringen
Anzahl Gebäude	317.238	646.341	389.178	832.639	580.869	536.369
Anteil am Bestand [%]	1,68	3,42	2,06	4,40	3,07	2,83
Einkommensindex [%]*	54,8	18,6	4,1	0,033	0,62	0
*Das mittlere Einkommen pro Einwohner wurde prozentual indiziert, wobei Hamburg mit einem mittleren Einkommen von 35.099 EUR die 100 % Marke und Thüringen mit einem mittleren Einkommen von 23.222 EUR die 0 % Marke definiert						

Trägt man nun die Länder sortiert nach ihrem Einkommensindex auf (vgl. Abbildung 5), so lässt sich für die westdeutschen Bundesländer keine eindeutige Tendenz feststellen. In den neuen Bundesländern ist mit 47 % im Mittel ungefähr die Hälfte des Gebäudebestandes vor 1949 erbaut worden (Vergleich Westdeutschland: 24 %). Nach dem zweiten Weltkrieg wurde in Ostdeutschland deutlich weniger gebaut, als in Westdeutschland. Erst nach der Ölkrise (1973) wurde in Ostdeutschland wieder mehr gebaut, weshalb Gebäude mit Baujahren nach 1973 etwa 35 % des Bestands ausmachen. Insbesondere im Zeitraum von 1984 bis 1994 wurde die Neubaurate deutlich erhöht: Der Anteil der Gebäude für diesen Zeitraum liegt mit 15 % deutlich über dem Anteil der anderen Baualtersklassen (im Mittel 6 %). Es muss jedoch beachtet werden, dass in Abbildung 5 die Gebäudeanteile innerhalb der Bundesländer angegeben sind und nicht in Bezug auf den bundesweiten Gebäudebestand. Bei höherer Auflösung der Daten ist zudem erkennbar, dass in den westdeutschen Stadtstaaten Hamburg und Bremen, sowie im Saarland der Anteil der Nachkriegsbauten (1949- 1957, BAK D) - vermutlich durch die dort anteilig sehr hohen Kriegsschäden mit knapp 20% signifikant höher ist als in den Flächenländern.



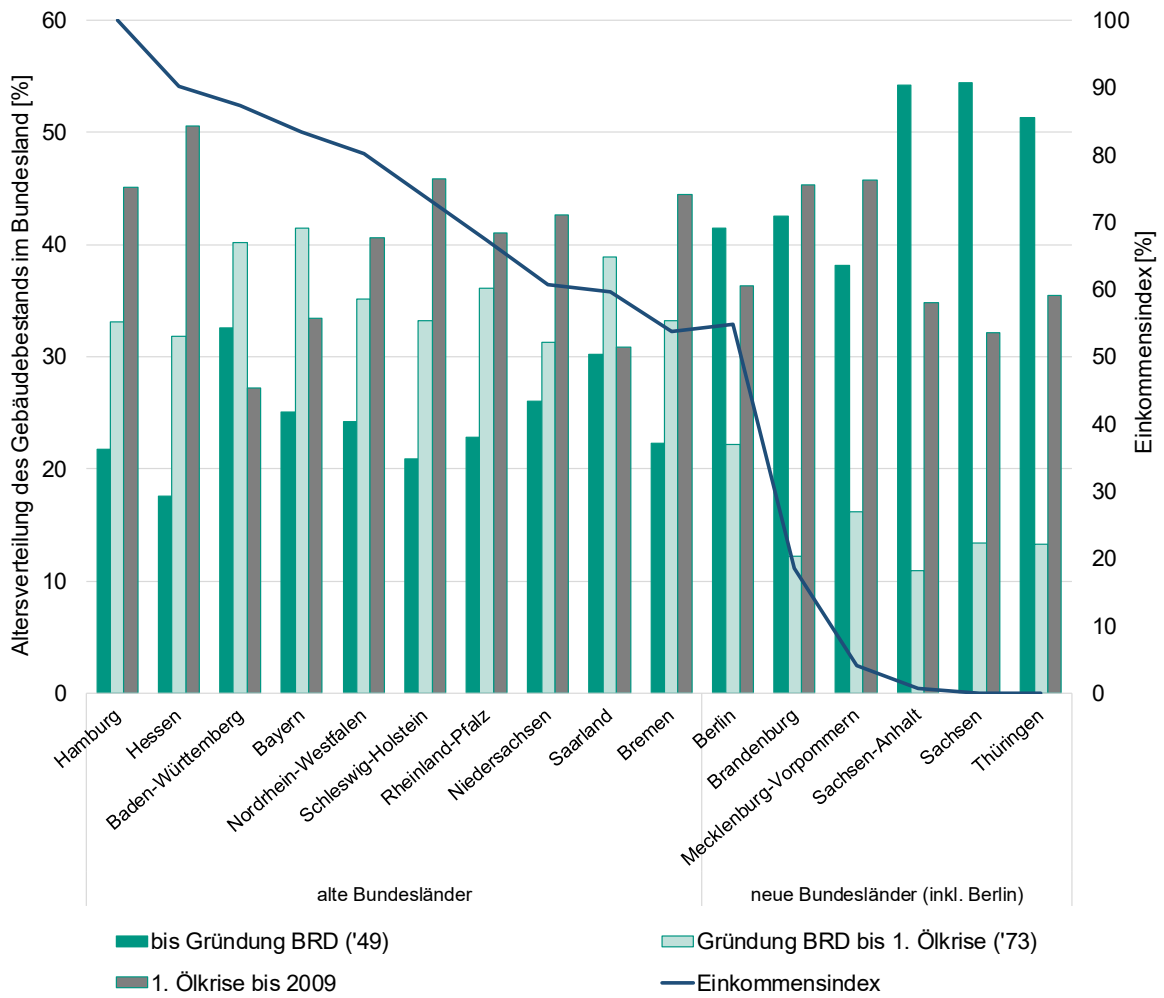


Abbildung 5 – Verteilung des Gebäudebestandes über die Bundesländer nach Baualter und Einkommensindex. (Eigene Darstellung nach Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011)

### 3 Gebäudegeometrie von Mehrfamilienhäusern

Abhängig von der städtebaulichen Umgebung (Nachbarbebauung, Erschließung, Verschattung etc.) sind diverse Bauformen von MFH möglich. Innerhalb der Baukörper lassen sich dann wiederum unterschiedliche Erschließungsformen realisieren. Nachfolgend soll ein kurzer Überblick über die Bauform und Siedlungsstrukturen sowie die verfügbaren Freiflächen im MFH-Gebäudebestand gegeben werden. Anschließend wird eine Übersicht über mögliche Erschließungsformen gegeben und darauf aufbauend typische Wohnungsgrundrisse abgeleitet. Weitere Quellenanalysen bezüglich Gebäudeorientierung, Fensterflächen, Stockwerksanzahl, Gebäudeabschlüsse sowie Treppenhäuser werden durchgeführt. Abschließend werden Wohnungs-, Haushalts- und Raumgrößen sowie typische Wohnungs- und Raumtemperaturen im Gebäudebestand untersucht.

#### 3.1 Bauform, Siedlungsstrukturen und Freiflächen

In Bezug auf den Geschosswohnungsbau wurde im Städtebau des 19. Jahrhunderts vorrangig die Blockrandbebauung (später auch in Sonderformen mit Erschließung vom Hof) eingesetzt (vgl. Abbildung 6, links). Um die Jahrhundertwende wurde die Idee der Zeilenbebauung, mit gleichmäßiger Orientierung zu Luft und Sonne realisiert (vgl. Abbildung 6, rechts). Eine bekannte erste Vertreterin in Deutschland ist die vom Architekten Theodor Fischer geplante Siedlung „Alte Heide“ im Münchener Stadtteil Schwabing. Diese beiden Bauformen beschreiben im Wesentlichen die städtebaulichen Strukturen, in denen Mehrfamiliengebäude realisiert werden. Aufgrund der unterschiedlichen Eingangsparameter hat sich bis heute keine Form pauschal als besser erwiesen. Eine Kategorisierung anhand des Baualters ist auf Bundesebene nicht möglich. Im Bereich großer Mehrfamilienhäuser gibt es zudem die Form des Scheiben- und Punkt(hoch)hauses.

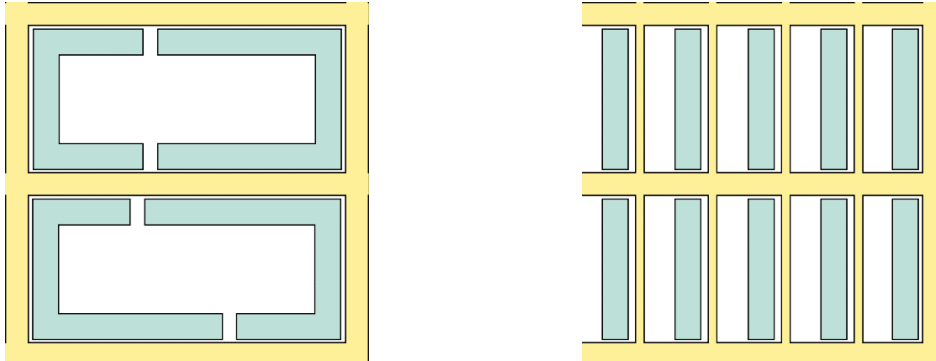


Abbildung 6 – Häufige Bauformen für MFH: Blockrand- (links) und Zeilenbebauung (rechts).

Neben der grundsätzlichen Anordnung der Gebäude und der daraus resultierenden Freifläche ist insbesondere von Interesse, ob ein Gebäude freistehend errichtet wurde oder ob es direkt an Nachbargebäude angrenzt. Laut der Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 sind 47,4 % der Mehrfamilienwohngebäude freistehend und 53 % in geschlossener Bebauung (gem. BauNVO) errichtet (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 44). In der vorherigen Studie waren es noch 59 % in geschlossener Bebauung (Diefenbach et al. 2010, S. 43). Bei den aneinandergereihten (auch: gekuppelten) Gebäuden sind mit 51,9 % etwas mehr Endhäuser als Mittelhäuser vorhanden.

Für die verschiedenen Siedlungsstrukturen kann man aus dem Forschungsbericht „Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen“ (Roth und

Häubi 1981) Angaben zur Grundflächen- (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ) sowie das Verhältnis von Hüllfläche zu Volumen (A/V) ermitteln (vgl. Tabelle 3).

*Tabelle 3 – Städtebauliche Gebäudeparameter nach Roth und Häubi 1981.*

Bez.*	Erläuterung	Anzahl Geschosse	A/V**	GRZ***	GFZ****
ST1	Ein- und Mehrfamilienhaussiedlung niedriger Dichte	1- 2	0,60- 1,00	0,05- 0,20	0,02- 0,18
ST2	Dorfkern und Einfamilienhaussiedlung hoher Dichte	2	0,55- 0,65	0,20- 0,30	0,10- 0,50
ST3	Reihenhaussiedlung	2	0,50- 0,60	0,20- 0,30	0,20- 0,40
ST4	Zeilenbebauung mittlerer Dichte	3- 5	0,35- 0,45	0,15- 0,20	0,40- 0,80
ST5	Zeilenbebauung hoher Dichte/ Hochhäuser	6- 15	0,25- 0,35	0,10- 0,20	0,80- 1,20
ST6	Blockbebauung	3- 4	0,30- 0,40	0,30- 0,40	0,50- 1,50
ST7	Citybebauung ab Mitte 19. Jhdt. (auf Basis des ST 6, jedoch fast vollständig überbaute Parzelle)	4- 6	0,20- 0,30	0,50- 0,70	1,00- 3,00
ST8	Mittelalterliche Stadt	3- 5	0,20- 0,25	0,70- 0,80	1,50- 4,50
ST9	Industrie und Lagergebäude	2- 4	0,25- 0,35	0,45- 0,70	0,80- 1,20
* ST: Stadtraumtyp		** A/V: Verhältnis von Hüllfläche zu Volumen,			
*** GRZ: Grundflächenzahl		**** GFZ: Geschossflächenzahl			

Man muss hierbei allerdings beachten, dass zum Zeitpunkt der Berichtsveröffentlichung noch die Baunutzungsverordnung (BauNVO) von 1968/ 1977 gegolten hat und somit entgegen der BauNVO von 1990 die Flächen für Terrassen/ Balkone, Zuwege, Zufahrten, Tiefgaragen und überdachte Stellplätze unberücksichtigt blieben (Stadt Frankfurt am Main 2017).

Die für den Mehrfamilienhausbestand besonders relevanten Stadtraumtypen sind in der Tabelle farbig markiert. Man sieht, dass die Überbauung des Grundstückes stark divergiert: Bei einer Mehrfamilienhaussiedlung mit geringer Baudichte können durchaus nur 5 % des Grundstücks bebaut sein. Wohingegen die Citybebauung ab ca. 1850 durchaus bis zu 70 % des Grundstücks überdeckt. Im Mittel variiert die Grundstücksbebauung von 12,5 bis 60 %.

Im Projekt UrbanReNet der TU Darmstadt wurden ebenfalls Stadtraumtypen verwendet, um energetische Abschätzungen im Siedlungskontext vorzunehmen (Hegger et al. 2012, S. 66 ff.). Nachfolgend werden die Stadtraumtypen mit den gebäudespezifischen Kenngrößen Geschossanzahl, Verhältnis von Hüllfläche zu Gebäudevolumen, Grundflächenzahl und Geschossflächenzahl tabellarisch dargestellt (vgl. Tabelle 4). Farbig hinterlegt sind die Stadtraumtypen, die laut der Studie ausschließlich die Wohnbauform des Mehrfamilienhauses (also keine Ein- und Zweifamilienhäuser) beinhalten (u.U. Gewerbeflächen enthalten).

Tabelle 4 – Städtebauliche Gebäudeparameter (Medianwerte) gem. UrbanReNet (Hegger et al. 2012).

Bez.*	Erläuterung	Anzahl Geschosse	AV**	GRZ***	GFZ****
EST1	kleine, freistehende Wohnbebauung überwiegend niedriger und mittlerer Geschossigkeit (EFH 67 %, MFH 33 %)	1,5	0,87	0,14	0,23
EST2	Reihenhausbebauung (100 % EFH)	1,5	0,56	0,30	0,59
EST3	Zeilenbebauung niedriger bis mittlerer Geschossigkeit (100 % MFH)	4,0	0,41	0,27	0,95
EST4	Großmaßstäbliche Wohnbebauung hoher Geschossigkeit (100 % MFH)	9,0	0,28	0,16	1,40
EST5	Blockrandbebauung (100 % MFH)	5,0	0,39	0,54	2,46
EST6	Dörfliche Bebauung (65 % EFH, 35 % MFH)	2,0	0,70	0,45	0,93
EST7	Historische Altstadtbebauung (45 % EFH, 55 % MFH)	3,5	0,49	0,74	2,50
EST8	Innenstadtbebauung - meist auf Basis des EST5, jedoch fast vollständig überbaute Parzelle (100 % MFH)	4,0	0,30	0,92	3,51
EST9	Geschäfts-, Büro-, und Verwaltungsgebiet	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
EST10	Gewerbegebiet	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
EST11	Parkanlage	k.A.	k.A.	0,03	k.A.
EST12	Friedhof	k.A.	k.A.	0,01	k.A.
EST13	Kleingarten	k.A.	k.A.	0,03	k.A.
* ST: Stadtraumtyp					
** AV: Verhältnis von Hüllfläche zu Volumen,					
*** GRZ: Grundflächenzahl					
**** GFZ: Geschossflächenzahl					

Betrachtet man diese Typen genauer, stellt man fest, dass sie sich in weiten Teilen mit denen von Roth und Häubi decken. Es ist festzustellen, dass die energetischen Stadtraumtypen EST1 bis EST5 vorrangig der Nutzung als Wohnraum dienen, wohingegen die Typen EST6 bis EST8 eine Mischnutzung ermöglichen. In den Typen EST9 und EST10 überwiegt die gewerbliche Nutzung (einschließlich Büro) und die Stadtraumtypen EST11 bis EST13 beschreiben den städtebaulichen Freiraum.

Nach Hegger et al. wurden bei der Berechnung der Grundflächenzahl alle auf dem Grundstück befindlichen Gebäudestrukturen (ohne Freiflächen) berücksichtigt. Es liegt nahe, dass vorrangig deswegen der Median der GRZ über dem Mittelwert der GRZ nach Roth und Häubi liegt, da z. B. auch Carports angerechnet wurden. Abweichend von der gültigen BauNVO fanden versiegelte Flächen wie Zufahrten und Wege keinen Eingang in die Berechnung. Diese werden jedoch gesondert (vgl. Kapitel 3.1) ausgewiesen.

Im Hinblick auf den Einsatz von Wärmepumpen ist die Frage nach der Wärmequelle elementar. Aus energetischer Sicht ist das oberflächennahe Erdreich als Wärmequelle gut geeignet. Fraglich ist jedoch, inwiefern in der gebauten Stadt eine nachträgliche Erschließung noch möglich ist. Dies hängt stark von der verfügbaren unbebauten und unter Umständen auch unversiegelten Fläche ab. Im Projekt UrbanReNet wurden die versiegelten Flächen und die Freiflächen für die das Nettobauland beschreibenden Parzellen abhängig vom energetischen Stadtraumtyp ermittelt. Eine Übersicht ist nachfolgend in Tabelle 5 abgedruckt.

Tabelle 5 – Stadtraumtypen und davon abhängige Versiegelungs-/ Freiflächengrade gem. UrbanReNet (Hegger et al. 2012).

Bez.	Versiegelte Parzellenfläche [%]			Freifläche (nicht überbaut) [%]		
		davon überbaut [%]			davon unversiegelt [%]	
			davon beheizt / unbeheizt [%]			davon Gehölz / allg. Grün [%]
EST1	26	69	76 / 24	82	90	17 / 83
EST2	32	94	92 / 8	70	97	25 / 75
EST3	35	77	98 / 2	73	89	8 / 92
EST4	31	52	99 / 1	84	82	10 / 90
EST5	75	72	97 / 3	46	54	25 / 75
EST6	66	68	87 / 13	55	62	17 / 83
EST7	92	93	85 / 15	14	57	52 / 48
EST8	100	93	98 / 2*	7	0	0 / 0
*angegeben: 85 / 2 → geändert gem. grafischer Darstellung auf 98 / 2						

Man erkennt, dass die Versiegelung der Parzellenfläche (inkl. Überbauung) bei den Stadtraumtypen 1 bis 4 mit bis zu einem Drittel der Grundstücksfläche eher gering ist. Bei den innerstädtischen Stadtraumtypen 5 bis 8 nimmt der Versiegelungsgrad stark zu: Zwei Drittel bis vollflächige Versiegelung ist hier üblich.

Betrachtet man wieder die Stadtraumtypen, in denen die Wohnbebauung ausschließlich von Mehrfamiliengebäuden geprägt ist (EST3 bis EST5 und EST8, vgl. Markierung), so stellt man fest, dass insbesondere die Stadtraumtypen EST3 (Zeilenbebauung mit niedriger bis mittlerer Geschossigkeit) und EST4 (großmaßstäbliche Bebauung hoher Geschossigkeit) große Freiflächenanteile haben, die wiederum weitestgehend unversiegelt (Anteil an der Parzellenfläche bei EST3: 65 % und bei EST4: 69 %) und größtenteils leicht für Baumaßnahmen zugänglich und somit für Erdwärmepumpen geeignet sind (siehe Anteil allgemeines Grün). Die Bohrung von Erdsonden innerhalb der verbleibenden versiegelten Freifläche (zumeist Verkehrsfläche inkl. Parkierung) ist ebenfalls denkbar, allerdings mit höherem zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden.

Bei der Blockrandbebauung (EST5) ist der Freiflächenanteil mit 56 % der Parzellenfläche deutlich geringer und eine Erschließung mit Erdsonden aufgrund des wesentlich höheren Versiegelungsgrades der Freiflächen (etwa 25 % der Parzelle sind unversiegelt, etwa 21 % versiegelt) deutlich aufwendiger - jedoch prinzipiell denkbar. Beim energetischen Stadtraumtyp EST8 (Innenstadtbebauung) ist aufgrund des hohen Überbauungsgrades der Grundstücke mit Gebäuden eine Erschließung geothermischer Wärmequellen als nicht praktikabel einzustufen.

### 3.2 Gebäudeerschließung

In Deutschland wurde bereits in der jungen Bundesrepublik intensiv an der Grundrisslehre geforscht. Grundsätzlich lässt sich die Erschließung in Treppenhauserschließungen (die sog. Spännertypen) und in Gangerschließungen untergliedern. Die Erschließung von Gebäuden ist hierbei stark von den Umgebungsbedingungen (an das Gebäude angrenzende Infrastruktur) und der gewählten Bauform abhängig. In „Das Grundrißwerk“ aus dem Jahre 1949 (Völckers 1949, S. 87, Beispiele: S. 88 ff.) werden zum Beispiel bereits die Erschließungsformen Zweispänner, Vierspänner,

Doppelgeschosswohnung und Außenganghaus beschrieben. In der aktuellen Literatur findet man meist ähnliche Definitionen, wie beispielsweise im Planungsatlas (Heisel 2016, S. 130 ff.).

Grundsätzlich lässt sich die Erschließung von Mehrfamilienhäusern also entweder vertikal, über Treppenhäuser mit direkten Zugängen zu den Wohneinheiten oder horizontal, über Treppenhäuser mit Gängen erschließen. Bei der vertikalen Erschließung sind im Geschosswohnungsbau vorrangig Zwei-, Drei- und Vierspänner - d.h. von einem Treppenhaus werden pro Geschoss zwei, drei bzw. vier Wohneinheiten erschlossen - anzutreffen (vgl. Abbildung 7). Hierbei sind besonders die Drei- und Vierspänner sehr wirtschaftlich realisierbar.

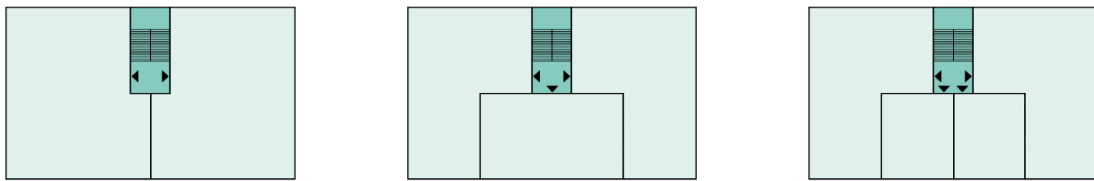


Abbildung 7 – Schematische Darstellung von Zwei- (links), Drei- (Mitte) und Vierspänner (rechts).

Bei hohen Gebäuden, den großen Mehrfamilienhäusern, sind auch Fünf- oder Mehrspänner anzutreffen. Mit zunehmender Anzahl der Wohnungseingänge wird es allerdings kompliziert, die Erschließungsfläche innerhalb der Wohneinheiten gering zu halten. Generell hat die Erschließung der Spännertypen den Vorteil, dass sie sehr individuell erfolgt und somit ein stärkeres Nachbarschaftsgefühl entsteht, als bei bisweilen sehr anonymen Gangtypen.

Nach den im Planungsatlas (Heisel 2016, S. 134) definierten Typologien sind Zweispänner typischerweise 20 bis 24 Meter lang. Dreispänner sind bei Breiten zwischen 12 und 15 Meter zwischen 20 und 30 Meter lang. Vierspänner haben bei gleichen Breiten Längenausdehnungen zwischen 25 und 35 Meter.

Die horizontalen Erschließungsformen im Geschosswohnungsbau werden meist durch Außen- und Innenganghäuser geprägt. Außenganghäuser werden über einen Außenliegenden (Lauben)-Gang erschlossen, an dem einseitig Wohnungen aufgereiht sind (vgl. Abbildung 8, links). Bei der Innengängerschließung werden beidseitig an einen innenliegenden Gang Räume angelagert (vgl. Abbildung 8, rechts). Die Gängerschließung kann beinahe beliebige Ausdehnungen annehmen. Eine wesentliche interne Begrenzung bildet zumeist lediglich die Fluchtweglänge.



Abbildung 8 – Schematische Darstellung von Außen- und Innengängerschließung.

Die o.g. horizontalen Erschließungsformen können natürlich auch mit Maisonette-Wohnungen kombiniert werden. Durch eine geschickte Anordnung dieser kann dadurch erreicht werden, dass eine öffentliche Erschließung nur noch in jedem zweiten oder dritten Geschoss erfolgen muss. Eine weitere Sonderform der inneren Erschließung bildet das Hügelhaus (pyramidenförmige Gestalt).

In „Baukonstruktion im Klimawandel“ werden Mehrfamiliengebäude hinsichtlich Ihrer Baustruktur betrachtet (Weller et al. 2016, S. 23). Der Fokus liegt hierbei weniger auf der energetischen Sanierung der Gebäude, sondern vielmehr auf der Vergleichbarkeit durch ähnliche Gebäudestrukturen und Baukonstruktionen. Ausgewählt wurden folgende Mehrfamiliengebäude:

- Baujahr um 1890 (Gründerzeit): v.a. in hoch verdichteten Vorstädten, beidseitig anschließende Bebauung, oft Hinterhaus
- Baujahr um 1930 (Zwischenkriegszeit): freistehend, aufgelockerte Bebauung der städt. Erweiterungsgebiete
- Baujahr 1958 (Nachkriegszeit): teilweise Fertigteilbauweise, beidseitig anschl. Nachbarbebauung
- Baujahr um 1970: industrieller Plattenbau, beidseitig anschl. Nachbarbebauung
- Baujahr um 1995: freistehend, mit Tiefgarage unter dem Gebäude

*Tabelle 6 – Gebäudeerschließung der Beispielgebäude aus den Veröffentlichungen „Baukonstruktion im Klimawandel“ vor und nach der Sanierung nach Gebäudealter. (Datenbasis: Nikolowski 2014, S. 44 ff.; Weller et al. 2016, S. 32 ff.)*

BAK <sup>1</sup>	Vor Sanierung			Nach Sanierung		
	Erschließungsform	Wohnungen pro Geschoss		Erschließungsform	Wohnungen pro Geschoss	
1870-1918	Zweispänner	k.A.		Dreispänner	1x EG <sup>2</sup>	1x 2 Zi., 1x 3 Zi.
					3x OG	1x 1 Zi., 2x 2 Zi.
					2x DG <sub>2,3</sub>	1x 1 Zi./ 2 Zi./ 3 Zi.
1918-1945	Dreispänner	1x EG <sup>2</sup>	1x 3 Zi., 2x 2 Zi.	Dreispänner	1x EG <sup>2</sup>	1x 3 Zi., 2x 2 Zi.
		1x OG			1x OG	
		1x DG			1x DG	
1945-1970	Zweispänner	1x EG	2x 3 Zi.	Zweispänner	1x EG	2x 3 Zi.
		2x OG			2x OG	
		1x DG			1x DG	
1970-1990	Zweispänner	1x EG <sup>2</sup>	2x 3 Zi.	Zweispänner	1x EG	2x 3 Zi.
		3x OG			3x OG	
		1x DG			1x DG	
1990-2002	Dreispänner	1x EG	1x 2 Zi., 2x 2,5 Zi.	Noch keine Sanierung		
		2x OG				
	(DG: Zweispänner)	1x DG <sub>2,4</sub>	2 WE <sup>5</sup>			
<sup>1</sup> Baualtersklassen nach Nikolowski <sup>2</sup> Grundriss weicht vom Regelgeschoss ab <sup>3</sup> Maisonette und Spitzboden <sup>4</sup> Zweites DG als Dachboden vorhanden <sup>5</sup> Die Zimmerzahl ist auf Basis des zur Verfügung stehenden Materials nicht ermittelbar						

Wertet man die gegebenen Planausschnitte sowie die beschreibenden Texte (ggf. auch unter Zuhilfenahme der weiterführenden Beschreibungen in der Dissertation „Wohngebäude im Klimawandel“ (Nikolowski 2014) hinsichtlich Erschließungsform und enthaltenen Wohnungsgrößen aus, ergibt sich Tabelle 6. Man sieht hier deutlich, dass die häufigsten Erschließungsformen in den charakteristischen Mehrfamiliengebäuden Zwei- und Dreispänner mit jeweils 2 bis 3 Zimmerwohnungen sind.

Besteht die Notwendigkeit die Erschließungsarten noch weiter zu differenzieren, so bietet das Werk „Der Wohngrundriss“ von Peter Faller (Faller et al. 2002, S. 368 ff.) eine gute Übersicht.

### 3.3 Typische Grundrissorganisation

In den Jahren 1952 bis 1955 wählte das Team um Herrn Spengemann (Spengemann und Hauff 1955) aus 15.000 Grundrissen aus Deutschland und dem nahen Ausland 1.000 Grundrisse aus und wertete diese systematisch hinsichtlich einzelner Typen aus. Dabei wurden insbesondere auch damals aktuelle Grundrisse bis ins Jahr 1954 berücksichtigt. Die Grundrisse wurden zuerst nach Nutzungs- und Erschließungsform (Kleinwohnhaus, Einfamilienhaus etc.) getrennt. Bezogen auf Mehrfamilienhäuser wurde diverse Ein-, Zwei-, Drei- und Vierspänner sowie Ganghäuser identifiziert. Da im vorangegangenen Kapitel identifiziert wurde, dass im Mehrfamilienhausbau vorrangig die Zwei- und Dreispänner von Relevanz sind, soll nachfolgend nur auf diese weiter eingegangen werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die jeweils am häufigsten auftretenden Anordnungen der einzelnen Raumtypen miteinander kombiniert und als schematische Grundrisse in Abbildung 9 dargestellt. Zudem wurde in diese Darstellung die Lage von Schornsteinen (aus der Auswertung der Wandgliederungen) aufgenommen. Es ist zu beachten, dass die Grundrisse nicht genordet (d.h. Himmelsrichtung Nord ist oben) sind. Sie stellen jeweils nur die Anordnung der Räume in Bezug zur Gebäudeerschließung (Treppenhaus) dar.

Die Grundrissstudie von Spengemann (Spengemann 1995) basiert auf dem Stand der in den 50er Jahren zur Verfügung stehenden Plansätzen. Die Planungen basieren dabei v.a. auf dem Zusammenleben von Familien unter dem Gesichtspunkt einer starken Funktionstrennung. In Abbildung 9 sind die häufigsten Raumanordnungen in Zwei- und Dreispännern dargestellt.

Aufgrund der Tatsache, dass auch noch „[...] heute das Wohnen in einer Wohnung mit hierarchisch-funktionell angeordneten Räumen - Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kinderzimmer, Küche, Bad, Flur - als ‚Wohnleitbild‘ stark verfestigt ist [...]“ (Hannemann 2014, S. 38) und zumindest bis in die 70er Jahre der Massenwohnungsbau von einer entsprechenden, die Grundrisse beeinflussenden Auffassung geprägt war, kann davon ausgegangen werden, dass die oben erläuterten Grundrissstrukturen auch heute noch eine Vielzahl der bestehenden Wohnungen beschreiben. Gleichwohl sind ab den 70er- Jahren des 20. Jahrhunderts verstärkt Strömungen neuer, „postmoderner“ Wohnformen, bei denen nicht mehr das Zusammenleben als Familie im Zentrum des Wohnens steht, erkennbar, wie z.B.: Singlehaushalte, Wohngemeinschaften etc. (Häußermann und Siebel 2000, S. 322 ff.). Die sich sichtlich verändernden „[...] Lebensstile bedingen [somit] Wohnformen jenseits der klassischen abgeschlossenen Kleinwohnung mit Wohn- Schlaf- und Kinderzimmer.“ (Hannemann 2014, S. 42)



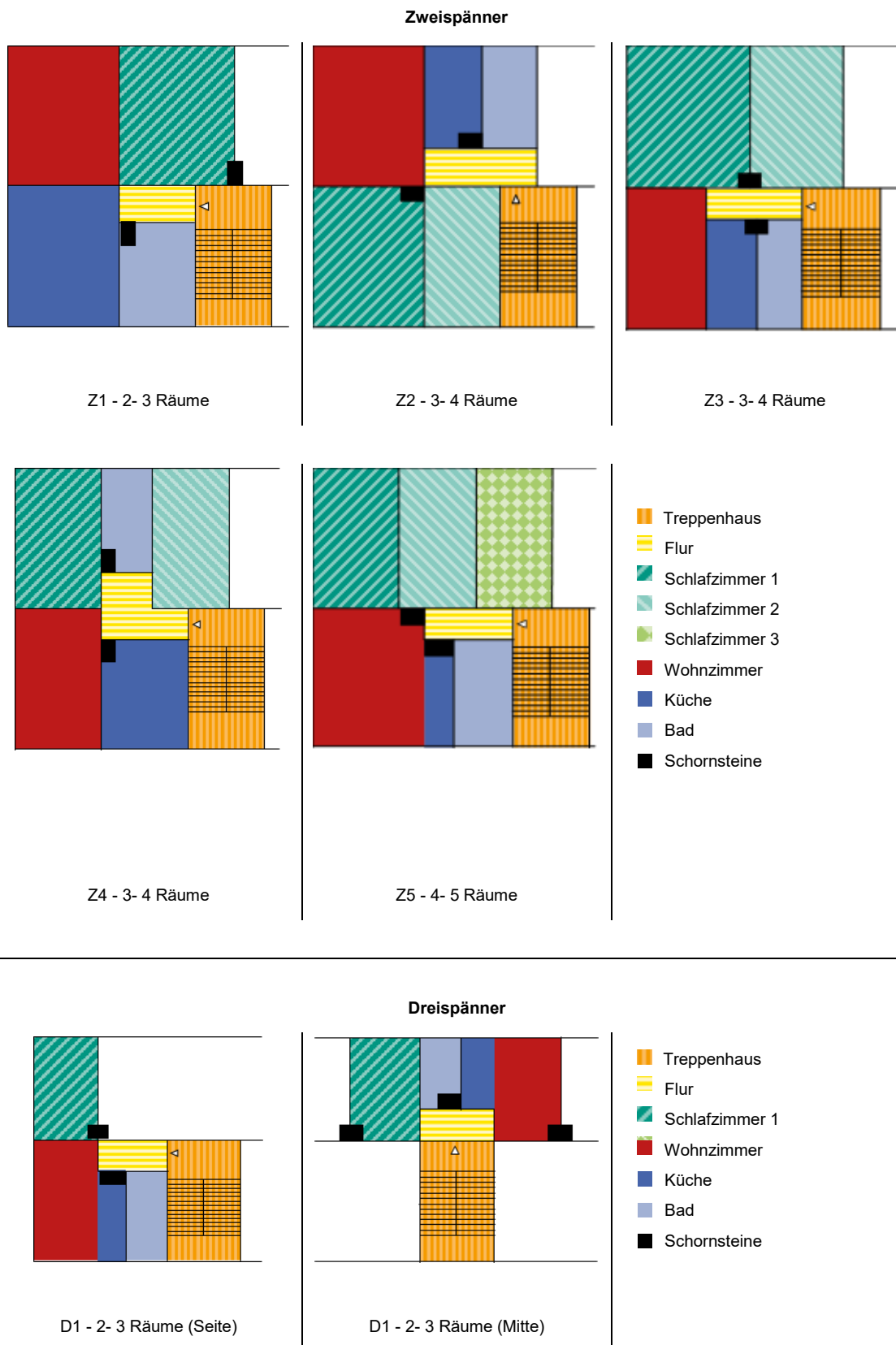


Abbildung 9 – Häufigste Raumanordnungen in Zwei- und Dreispännern gem. Grundrissatlas (Spengemann 1995, S. 109 ff.).

### 3.4 Gebäudeorientierung

Die Orientierung von Gebäuden ist stark abhängig von äußeren Parametern. Vor allem die Lage zur Sonne beeinflusst die sinnvolle Raumkonfiguration erheblich: Im Schlafzimmer ist beispielsweise Morgensonne besonders erwünscht, das Kinderzimmer braucht bevorzugt nachmittags (wenn die Kinder von der Schule zu Hause sind) eine gute Tageslichtversorgung.

Im Grundrissatlas wurden zu den in Kapitel 3.3 bereits beschriebenen Grundrissleitformen für Zwei- und Dreispänner nachfolgend in Tabelle 7 dargestellte Hauptorientierungen ermittelt (Spengemann 1995, S. 27, S. 111 ff.). Natürlich passiert es nicht selten, dass die ideale Raumanordnung durch andere Einflüsse gestört wird. Insbesondere spielen Infrastruktur und - häufig dadurch bedingt - Schallquellen eine Rolle, wenn sich bei der Gebäudeplanung für eine abweichende Raumanordnung entschieden wird.

*Tabelle 7 – Orientierungen der häufigsten Zwei- und Dreispänner. (Spengemann 1995, S. 27, S. 111 ff.)*

Gebäudetyp	Bezeichnung (Grundrissatlas)	Hauptsächliche Erschließung von...	Beschreibung Raumanordnung (für grafische Darstellung vgl. Spengemann 1955)
<b>Zweispänner</b>	Z1	Norden	Wohn- und Schlafräum im Süden, Küche und Bad im Norden
	Z2	Osten	Schlafräume im Osten, Wohnraum, Küche und Bad im Westen
	Z3	Südwesten	Schlafräume in Nordosten, Wohnraum, Küche und Bad im Südwesten
	Z4	Südwesten	Schlafräume und Bad im Nordosten, Wohnraum und Küche im Südwesten
	Z5	Westen	Schlafräume im Osten, Wohnraum, Küche und Bad im Westen
<b>Dreispänner</b>	D1	Westen	An den Seiten: Schlafräum im Osten, Wohnraum, Küche und Bad im Westen In der Gebäudemitte: Alle Räume im Osten

Die Orientierung der Gebäude wird in TABULA (IWU 2012-2016) zwar nicht angegeben, allerdings lässt diese sich über den Fensterflächenanteil ableiten: Ist die Fensterfläche in West- und Ostfassade größer als in Nord- und Südfassade, so ist das Gebäude höchstwahrscheinlich in West-Ost-Richtung orientiert. Umgekehrt gilt für größere Fensterfläche in Nord- und Südfassade im Vergleich zur Ost- und Westfassade, dass das Gebäude wahrscheinlich in Nord-Süd-Richtung orientiert ist. Wertet man die Fensterflächen aus TABULA aus, so lassen sich die generischen Gebäude der Baualtersklassen B, D, F, G und K- L einer Ost-West-Orientierung zuordnen. Die Gebäude der Baualtersklassen C, E, H und I hingegen einer Nord-Süd-Orientierung. Für die Gebäude der Baualtersklassen A und J kann keine eindeutige Zuordnung vorgenommen werden, da die Fensterflächen in alle Himmelsrichtungen verteilt sind. Die Gebäude scheinen ungerichtet zu sein (z.B. Eckgebäude, freistehende Gebäude o.ä.). Die Fensterflächen nach BAK werden in Kapitel 3.5 weiter vertieft.

Betrachtet man die zugehörigen Beispielgebäude des IWU (IWU 2016), so stellt man fest, dass die Orientierung der Gebäude dort in zwei von sieben Fällen (BAK E-F) von den generischen Typgebäuden abweicht und für einige BAKs nicht vorhanden ist (vgl. Tabelle 36 im Anhang Kapitel 8.4.1). In der folgenden Tabelle 8 sind Altersklassen dargestellt, bei denen beide Quellen dieselbe Orientierung angeben und deshalb mit größerer Sicherheit in weiteren Berechnungen verwendet werden können, als jene, bei denen es nur Ergebnisse von TABULA vorhanden sind oder sich beide Ergebnisse widersprechen.

Tabelle 8 – Abgeleitete Gebäudeorientierung nach TABULA (generische Typgebäude) und IWU-Beispielgebäuden. (Datenbasis : IWU 2012-2016 und IWU 2016)

	Nach TABULA		IWU-Beispielgebäude	
	Gebäudeausrichtung	Verteilung der Fensterflächen nach Orientierung	Gebäudeausrichtung	Verteilung der Fensterflächen nach Orientierung
<b>BAK B</b> 1861-1918	O-W	<p>N 2%</p> <p>W 49%</p> <p>O 49%</p> <p>S 0%</p>	O-W	<p>N 0%</p> <p>W 46%</p> <p>O 45%</p> <p>S 9%</p>
<b>BAK D</b> 1949-1957	O-W	<p>N 4%</p> <p>W 46%</p> <p>O 46%</p> <p>S 4%</p>	O-W	<p>N 0%</p> <p>W 36%</p> <p>O 29%</p> <p>S 34%</p>
<b>BAK G</b> 1979-1983	O-W	<p>N 3%</p> <p>W 47%</p> <p>O 47%</p> <p>S 3%</p>	O-W	<p>N 16%</p> <p>W 35%</p> <p>O 28%</p> <p>S 22%</p>
<b>BAK H</b> 1984-1994	N-S	<p>N 34%</p> <p>W 7%</p> <p>O 7%</p> <p>S 52%</p>	N-S	<p>N 26%</p> <p>W 26%</p> <p>O 0%</p> <p>S 48%</p>
<b>BAK I</b> 1995-2001	N-S	<p>N 25%</p> <p>W 14%</p> <p>O 14%</p> <p>S 48%</p>	N-S	<p>N 26%</p> <p>W 26%</p> <p>O 0%</p> <p>S 48%</p>

Häufig kommt es, sowohl bei den TABULA-Typgebäuden als auch bei den IWU-Beispielgebäuden, vor, dass sich neben den Öffnungen in den Hauptfassaden auch Öffnungen in den Nebenfassaden befinden. Bei den TABULA-Typgebäuden der Baualtersklassen A, C, D, F, G, H, J, K und L ist dies nicht verwunderlich, da die Gebäude in der Gebäudetypologie als freistehende Gebäude definiert wurden (vgl. IWU 2012-2016). Auf den ersten Blick wirkt es jedoch irritierend, dass Gebäude mit einem Nachbargebäude (BAK E und I) oder gar mit zwei Nachbargebäuden (BAK B) drei- oder vierseitig Fenster haben können.

Es gibt diverse Methoden diese Situationen plausibel darzustellen (vgl. Abbildung 10). Zum einen kann ein in einer Zeilenbebauung stehendes Gebäude über die Fluchtlinie hinausragen und so, trotz Nachbarbebauung in allen Orientierungen Außenfassaden besitzen. Ebenso ist es möglich, dass sich die Gebäudehülle ausstülpt. Typische Beispiele sind Treppenhäuser oder Erker.

Weitere Möglichkeiten bestehen in der Anordnung von Fenstern in innenliegenden Lichthöfen oder in der Anordnung von Fenstern in Seitenwänden von Loggien und Seitenwänden vor eingeschnürten Treppenhäusern. Möglich ist auch, dass die Gebäude unterschiedlich hoch sind und dass in der Stichprobe zur Ermittlung der mittleren Fensterfläche Gebäude mit unterschiedlichen Orientierungen zu unterschiedlichen Anteilen enthalten sind.



*Abbildung 10 – Möglichkeiten der Fensteranbringung in Nebenorientierung bei vorhandener Nachbarbebauung*

### 3.5 Fensterflächen und -größen

In TABULA werden keine Angaben zu den eigentlichen Fenstergrößen gemacht, sondern lediglich wie zuvor dargestellt die Fensterflächen nach Orientierung angegeben (IWU 2012-2016). In Tabelle 9 sind die Fensterflächen sowie deren Anteil an der Gebäudehülle angegeben. Demnach haben Fenster einen Flächenanteil von 9,4 % (MFH-A) bis 17,9 % (MFH-B). Diese Angaben sind für die Ermittlung einer Gebäudeenergiebilanz ausreichend. Da im Projekt allerdings auch Fassadensysteme untersucht werden sollen, wird die detailliertere Beschreibung der einzelnen Fenster als sinnvoll erachtet.









Tabelle 9 – Fensterflächen nach Orientierung und Anteil an der Gebäudehülle gemäß der TABULA Gebäudetypologie. (Datenbasis: IWU 2012-2016)

	Typ	MFH_A	MFH_B	MFH_C	MFH_D	MFH_E	MFH_F	MFH_G	MFH_H	MFH_I	MFH_J
	BAK	vor 1918	vor 1918	1919-1948	1949-1957	1958-1968	1969-1978	1979-1983	1984-1994	1995 - 2001	2002 - heute
<b>Fensterfläche Osten</b>	m <sup>2</sup>	25,5	26,4	9,5	45,6	22,2	40,7	46,3	11,4	22,7	79,5
<b>Anteil Osten</b>	%	23,8	48,8	13,4	46,2	4,4	50,0	46,6	7,1	13,9	25,8
<b>Fensterfläche Süden</b>	m <sup>2</sup>	36,6	0,0	33,7	3,8	243,2	0	3,4	84,2	77,5	108,6
<b>Anteil Süden</b>	%	34,2	0	47,3	3,8	47,9	0	3,4	52,3	47,6	35,2
<b>Fensterfläche Westen</b>	m <sup>2</sup>	25,5	26,4	9,5	45,6	22,2	40,7	46,3	11,4	22,7	77,9
<b>Anteil Westen</b>	%	23,8	48,8	13,4	46,2	4,4	50,0	46,6	7,1	13,9	25,2
<b>Fensterfläche Norden</b>	m <sup>2</sup>	19,5	1,3	18,5	3,8	219,8	0	3,4	54,0	39,9	42,7
<b>Anteil Norden</b>	%	18,2	2,4	26,0	3,8	43,3	0	3,4	33,5	24,5	13,8
<b>Fensterfläche gesamt</b>	m <sup>2</sup>	107	54	71	99	507	81	99	161	163	309
<b>Dachfläche</b>	m <sup>2</sup>	284	103	190	355	971	217	248	249	284	580
<b>Wandfläche</b>	m <sup>2</sup>	749	146	324	462	2039	336	447	775	696	1698
<b>Fläche Gebäudehülle</b>	m <sup>2</sup>	1140	303	584	916	3518	634	795	1185	1142	2587
<b>Anteil Fensterfläche</b>	%	9,4	17,9	12,2	10,8	14,4	12,8	12,5	13,6	14,3	11,9

Um eventuelle Regelmäßigkeiten festzustellen wurde im Kontext dieser Arbeit die Fenstergrößen der IWU-Beispielgebäude (IWU 2016) grafisch ermittelt. Eine entsprechende Übersicht über die Fenstermaße- und -flächen findet sich exemplarisch für die BAK E in Tabelle 10.

Entsprechend der Divergenz einzelner Planungen lässt sich anhand der Daten keine Signifikanz hinsichtlich bestimmter Fenstergrößen ermitteln, weshalb die Aufstellung für die anderen BAKs in Tabelle 37 in Kapitel 8.4.1 zu finden sind. Erkennbar ist, dass sowohl die Fensterfläche, als auch die Fenstergröße in der Nordfassade kleiner ist, als in den restlichen Fassaden. Dies ist aus energetischer Sicht (niedrige solare Gewinne einhergehend mit hohen thermischen Verlusten) nachvollziehbar.

Tabelle 10 – Fenstermaße, -größen und -anzahl nach Orientierung exemplarisch für BAK E.  
(Datenbasis: IWU 2016)

BAK E 1958-1968	Orientierung	Ost			Süd
	Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)				
	b [m]	2,5	1,8	1,1	1,1
	h [m]	1,8	1,4	1,4	1,4
	A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	4,4	2,4	1,6	1,6
	n [-]	8	10	2	4
	A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	35,3	24,3	3,1	6,3
	A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,1			1,6
	A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	62,8			6,3
	Orientierung	West			
	Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)				
	b [m]	1,1	0,4	1,6	2,1
	h [m]	1,4	0,7	1,4	1,4
	A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,6	0,3	2,3	2,9
	n [-]	16	4	4	4
	A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	25,1	1,0	9,0	11,8
	A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,7			
	A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	46,9			

### 3.6 Stockwerksanzahl und Gebäudeabschlüsse

In Tabelle 11 sind die typische Geschossanzahl sowie der obere und untere Gebäudeabschluss differenziert nach den Baualterklassen aufgeführt. Aus der deutschen Wohngebäudetypologie des IWU (Loga et al. 2015, S. 14) lässt sich ermitteln, dass die Mehrfamiliengebäude bis 1859 (entspricht BAK A) zumeist zwei- bis dreigeschossig ausgebildet wurden. Das Dach der Gebäude ist meist geneigt, einen Keller gibt es in der Regel nicht. Von 1860 bis 1957 (entspricht BAK B - D) wurden vorrangig drei- bis viergeschossige Gebäude mit Keller errichtet. Bis 1918 wurden vorrangig Satteldächer realisiert, die ab 1919 (BAK C) teilweise von hinterlüfteten Flachdächern (sog. Kaldachkonstruktionen) abgelöst wurden. Ab 1958 (BAK E - J) wurden typischerweise drei- bis fünf Geschosse gebaut. Auch hier sind Keller vorhanden. Die Dachform ist nun sehr unterschiedlich. Satteldächer, Flachdächer und Pultdächer sind annähernd gleichermaßen vertreten.

Tabelle 11 – Geschossanzahl, oberer und unterer Gebäudeabschluss. (Datenbasis: Loga et al. 2015)

BAK	Geschossanzahl	Keller	Dachform (SD, FD, PD)
A (...1859)	2- 3	nein	SD
B (1860- 1918)	3- 4	ja	SD
C (1919- 1948)	3- 4	ja	SD, FD
D (1949- 1957)	3- 4	ja	SD, FD
E (1958- 1968)	3- 5	ja**	SD, FD
F (1969- 1978)	3- 5	ja* **	FD
G (1979- 1983)	3- 5	ja**	SD, FD, PD
H (1984- 1994)	3- 5	ja**	SD, FD, PD
I (1995- 2001)	3- 5	ja**	SD, FD, PD
J (2002- 2009)	3- 5	ja**	SD, FD, PD
<b>Erläuterung der Abkürzungen:</b>			
Dachform SD: Satteldach			
Dachform FD: Flachdach			
Dachform PD: Pultdach			
* Das Vorhandensein eines Kellers wurde aus dem Foto des Beispielgebäudes abgeleitet.			
** BAK A hat einen Anteil von ca. 14 % am Gesamtgebäudebestand. 12,6 % des Gesamtgebäudebestandes sind gem. Bild 4 der deutschen Wohngebäudetypologie (Loga et al. 2015, S. 18) nicht unterkellert. Geht man davon aus, dass BAK A meist nicht unterkellert ist, müssen alle anderen BAK mehrheitlich unterkellert sein.			

Daten bezüglich Beheizung der Unterkellerung, insbesondere von Mehrfamilienhäusern, gibt die Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 58) her. Hierbei wird jedoch nur zwischen den Baualterklassen A - F und dem gesamten Mehrfamilienhausbestand unterschieden, weshalb hier keine Unterscheidung nach einzelnen BAK möglich ist. Jedoch fließt auch die Beheizung des Kellersegmentes in die Auswertung ein, was Einfluss auf die Sinnhaftigkeit von z.B. Kellerdeckendämmung hat. Die zugehörigen Daten sind in Abbildung 11 dargestellt. Es wird deutlich, dass die große Mehrheit der Mehrfamilienhäuser unterkellert ist. Ebenfalls ist der Großteil der Altbauten (74 %) und aller MFH (67 %) unbeheizt unterkellert, was eine Kellerdeckendämmung energetisch sinnvoll macht (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 58).

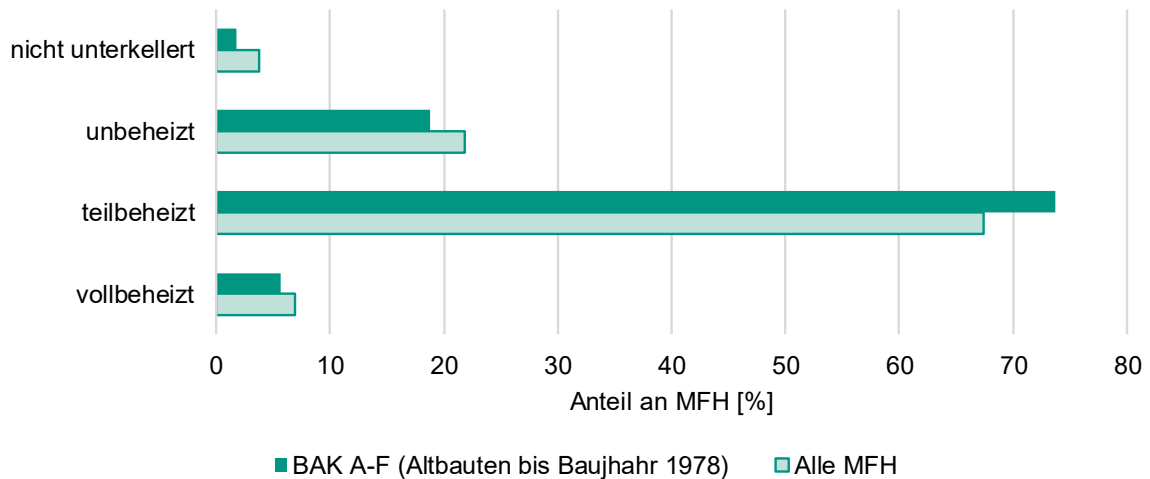


Abbildung 11 – Beheizungssituation im Keller, im Vergleich alle BAKs und Altbauten (BAK A - F.)  
(Eigene Darstellung nach Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 58)

Im Projekt „Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden“ (Loga et al. 2005) hat das IWU diverse, zumeist räumlich sehr beschränkt erfasste Gebäudedatensätze ausgewertet. In dem 2005 veröffentlichten Endbericht wird der Zusammenhang von Anzahl der Wohneinheiten und Anzahl der Vollgeschosse untersucht (vgl. Loga et al. 2005, I-6). Die Untersuchungsobjekte werden hinsichtlich der Anzahl ihrer Wohneinheiten (WE) gruppiert:

- Gruppe 1: 1- 2 WE
- Gruppe 2: 3- 7 WE
- Gruppe 3: 8- 20 WE
- Gruppe 4: 21- 40 WE
- Gruppe 5: >40 WE

Kombiniert man die Untersuchung mit den in der deutschen Wohngebäudetypologie (Loga et al. 2015, S. 17) genannten Gebäudekategorien, bemerkt man, dass die o.g. Gruppe 3 sich auf die Gebäudekategorien Mehrfamilienhäuser und große Mehrfamilienhäuser verteilt. Eine genaue Verteilung auf Gebäude mit weniger als 13 und auf Gebäude mit gleich oder mehr als 13 Wohneinheiten ist somit nicht möglich. Nachfolgend wird davon ausgegangen, dass beide Gebäudekategorien gleiche Vollgeschossanteile haben, wobei u.U. zu erwarten ist, dass vor allem Gebäude mit einer höheren Anzahl an Wohneinheiten mehr Vollgeschosse besitzen, als Gebäude mit wenigen Wohneinheiten. Unter dieser Annahme kann man für Mehrfamiliengebäude mit drei bis sieben Wohneinheiten sagen, dass sie in 90 % der Fälle zwei bis drei Vollgeschosse besitzen. Mehrfamilienhäuser mit mehr als sieben Wohneinheiten besitzen zu 82 % drei bis vier Vollgeschosse (vgl. Tabelle 12).



Tabelle 12 – Geschossanzahl abhängig von der Gebäudekategorie. (Datenbasis: Loga et al. 2005, I-6; Loga et al. 2015, S. 17)

Anz. WE	Kategorie nach IWU-Gebäudetypologie <sup>1</sup>	Kategorie nach IWU-Kurzverf. Energiep. 2	prozentuale Verteilung der anzutreffenden Vollgeschosse								
			1	2	3	4	5	6	7	8	>8
1- 2	Einfamilien-/Reihenhaus	Gruppe 1 (n= 2.853)	49 %	50 %	1 %	0 %					
3- 12	Mehrfamilienhaus	Gruppe 2 (n= 711)	4 %	49 %	41 %	5 %	1 %	0 %			
		Gruppe 34 (n= 401)	0 %	6 %	35 %	47 %	12 %	0 %			
13- 20	großes Mehrfamilienhaus	Gruppe 34 (n= 401)	0 %	6 %	35 %	47 %	12 %	0 %			
21- 40		Gruppe 4*** (n= 38)	0 %	3 %	24 %	26 %	16 %	8 %	3 %	13 %	8 %
>40		Gruppe 5 (n= 13)	0 %			23 %	0 %	8 %	0 %	31 %	38 %
1 vgl. Loga et al. 2015, S. 17											
2 vgl. Loga et al. 2005, I-6, Tab. 3, wobei n die Häufigkeit der in der Studie ausgewerteten Gebäude darstellt											
3 alle Angaben gerundet, die Summe übersteigt daher 100 %											
4 Die Abgrenzung zwischen Gebäuden mit 3- 12 und 13-20 WE ist unklar, die Verteilung der Vollgeschosse wurde deshalb bei beiden Gruppen gleichermaßen angenommen											

### 3.7 Platzbedarf von Treppenhäusern

Bei den Gebäudesimulationen im Rahmen des Projekts ist es sinnvoll, zwischen konditionierten und unkonditionierten Zonen innerhalb der thermischen Gebäudehülle zu unterscheiden. Ferner ist es unter Umständen sinnvoll, die Gebäude zusätzlich in Geschossscheiben aufzuteilen. Hierfür ist es erforderlich die Fläche des - zumeist unkonditionierten - Treppenhauses zu kennen. Die Treppenhausfläche ist in der Literatur nur schlecht erfasst. In diesem Kapitel soll untersucht werden, ob anhand rechtlicher Vorgaben eine Abschätzung der Grundfläche vorgenommen werden kann.

Im ersten Schritt werden die Musterbauordnung (MBO) und die Bauordnungen der Länder (LBO) hinsichtlich etwaiger Vorgaben bezüglich der erforderlichen Treppenbreite in notwendigen Fluchtwegen untersucht (vgl. Tabelle 38, Anhang Kapitel 8.4.2). Es ist deutlich erkennbar, dass in den meisten Ländern keine konkreten Angaben hinsichtlich der (minimalen) Treppenbreiten gemacht werden. Lediglich in den Ländern Nordrheinwestfalen und Rheinland-Pfalz wird für Gebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten 1,0 m als minimale lichte Breite genannt.

Neben den gesetzlichen Vorgaben in den Bauordnungen gibt es mit der DIN 18065 eine aktuelle Norm, die Extremwerte definiert. Neben der Laufbreite werden dort minimale und maximale Steigungs- und Auftrittsmaße sowie das Steigungsverhältnis vorgegeben (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13 – Extremwerte für Treppen definierende Parameter nach DIN 18065.

Extremwerte [mm]	Steigung (s)	Auftritt (a)	Steigungsverhältnis (2s+a)
Minimal	140	260	590
Maximal	190	370	650

Nachfolgend sollen auf dieser Basis exemplarisch Flächen gängiger Treppenhause Grundrisse ermittelt werden: Die Varianten umfassen eine zweiläufige Treppe mit minimalem Treppenauge (vgl. Abbildung 12, Variante A), sowie zwei Varianten einer barrierefreien Erschließung mit einem Aufzug im Treppenauge (vgl. Abbildung 12, Variante B und C). Es wird jeweils unterschieden, ob nur eine Absturzsicherung/ ein Handlauf am Treppenauge vorhanden ist, oder ob ein weiterer Handlauf an der Umschließungswand des Treppenhauses angebracht ist.

Für die Beispiele werden Geschosshöhen (gemessen von Oberkante des Fertigfußbodens des unteren Geschosses bis zur Oberkante des Fertigfußbodens des darüber liegenden Geschosses) von 2,8 m, 3,0 m und 3,2 m zugrunde gelegt (vgl. Abbildung 13).

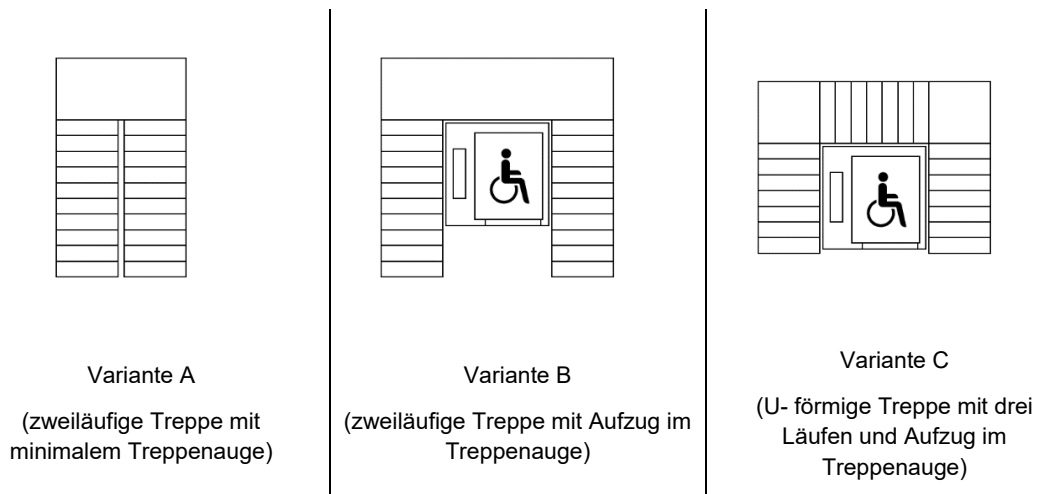


Abbildung 12 - Variantenübersicht der untersuchten Treppenkonfigurationen. Es wird jeweils unterschieden, ob nur eine Absturzsicherung/ein Handlauf am Treppenauge vorhanden ist, oder ob ein weiterer Handlauf an der Umschließungswand des Treppenhauses angebracht ist.

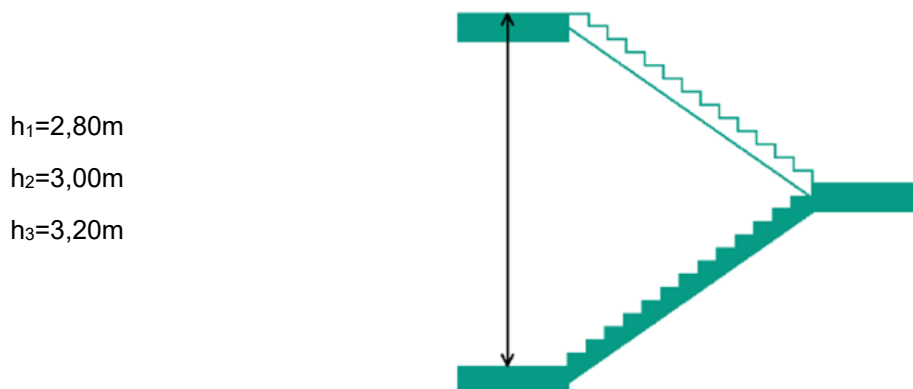


Abbildung 13 – Betrachtete Geschosshöhen.

Dadurch ergeben sich unterschiedliche Treppenauflflächen (vgl. Tabelle 14). Die Tiefe des Treppenpodestes (Haupt- und Zwischenpodest) wird immer der Treppenlaufbreite gleichgesetzt. Da von Hauptpodesten in der Regel die Wohnungszugänge abgehen, ist davon auszugehen, dass diese häufig etwas größer ausfallen, als die Zwischenpodeste.

Tabelle 14 – Ermittlung der Treppenauflflächen (grün markiert: Minima und Maxima), gerundet auf 1 m<sup>2</sup>.

Eingangsparameter	s	a	Anzahl resultierender Stufen			Treppenauflfläche [m <sup>2</sup> ] bei Laufbreite 1,00m (im Lichten) und					
						20cm Geländer an Treppenauge			20cm Geländer an Treppenaug und 10cm Handlauf an Wänden		
	[mm]	bei h <sub>1</sub>	bei h <sub>2</sub>	bei h <sub>3</sub>	bei h <sub>1</sub>	bei h <sub>2</sub>	bei h <sub>3</sub>	bei h <sub>1</sub>	bei h <sub>2</sub>	bei h <sub>3</sub>	
Auftritt minimal und Steigungsverhältnis minimal	165	260	17	18	19	20	22	23	24	25	27
Auftritt minimal und Steigungsverhältnis maximal	195	260	14	15	16	17	18	20	20	22	23
Auftritt maximal und Auftrittsverhältnis minimal	110	370	25	27	29	31	33	35	36	38	41
Auftritt maximal und Steigungsverhältnis maximal	140	370	20	21	23	24	26	27	28	30	32
Steigung minimal und Steigungsverhältnis minimal	140	310	20	21	23	24	26	27	28	30	32
Steigung minimal und Steigungsverhältnis maximal	140	370	20	21	23	24	26	27	28	30	32
Steigung maximal und Steigungsverhältnis minimal	190	210	15	16	17	18	19	20	21	22	24
Steigung maximal und Steigungsverhältnis maximal	190	270	15	16	17	18	19	20	21	22	24
Bequemes Schrittmaß (2s+a=620mm)	140	340	20	21	23	24	28	26	30	27	32
<b>h<sub>1</sub>= 2,80m; h<sub>2</sub>=3,00m; h<sub>3</sub>=3,20m</b>											

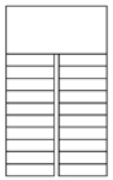


Im Folgenden soll die minimal notwendige Gesamttreppenhausfläche ermittelt werden. Es wird die minimale Treppenauflfläche zu Grunde gelegt und mit den Haupt- und Zwischenpodestflächen addiert. Bei den Varianten B und C hat allerdings auch das Maß des Aufzuges erheblichen Einfluss.

Als Grundlage wird ein Aufzug mit behindertengerechter Kabine angenommen. Die lichten Abmessungen der Kabine betragen dabei 1,10 m in der Breite und 1,40 m in der Tiefe. Das lichte Schachtmaß muss dann ca. 1,66 m auf 1,67 m betragen. Nimmt man diese Maße als Grundlage (und vernachlässigt die Konstruktion, da sie zum Teil im Bereich des Geländers liegen kann), beträgt die für Variante B relevante, zwei Seitenwände des Aufzuges flankierende Kantenlänge ca. 3,3 m; die für Variante C relevante, drei Seiten umschließende Kantenlänge, ungefähr 5,0 laufende Meter. Ist

die tatsächliche Treppenlänge länger, als diese Kantenlänge, so entsteht vor dem Aufzug im Einstiegsbereich eine Restfläche. Zudem ist zu beachten, dass vor behindertengerechten Aufzügen eine Bewegungsfläche von mindestens 1,50 mal 1,50 m vorgesehen werden muss, sich also das Hauptpodest auf dieser Seite in seiner Breite erhöht.

Aus den o.g. Parametern resultieren die nachfolgend in Tabelle 15 dargestellten minimalen Raumgrößen für Treppenhäuser. Man erkennt, dass nicht barrierefreie Treppenhäuser, abhängig von der Geschosshöhe, zwischen 22 und 29 m<sup>2</sup> Platz benötigen. Bei Treppenhäusern mit Aufzug beträgt der Platzbedarf etwa zwischen 26,5 und 33,5 m<sup>2</sup>. Ebenfalls erkennbar ist, dass Variante B und C sich im Platzbedarf nicht nennenswert unterscheiden. Dies liegt an der Anforderung eine quadratische Fläche von mindestens 1,5 m Kantenlänge vor dem Aufzug vorhalten zu müssen.

Tabelle 15 – Ermittlung von Treppenhausflächen, Treppenaufflächen auf 1 m<sup>2</sup>, Podestflächen auf 0,5 m<sup>2</sup> gerundet.

		 Variante A (zweiläufige Treppe mit minimalem Treppenauge)			 Variante B (zweiläufige Treppe mit Aufzug in Treppenaug)			 Variante C (U-förmige Treppe mit drei Läufen und Aufzug in Treppenaug)		
		bei	bei	bei	bei	bei	bei	bei	bei	bei
		h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>
1 Geländer	Treppenauffläche [m <sup>2</sup> ]	17	18	20	17	18	20	17	18	20
	Hauptpodestfläche [m <sup>2</sup> ]	2,5	2,5	2,5	5,5	5	5	7	7	6,5
	Zwischenpodestfläche [m <sup>2</sup> ]	2,5	2,5	2,5	4	4	4	2,5	2,5	2,5
	Treppenhausfläche [m <sup>2</sup> ]	22	23	25	26,5	27	29	26,5	27,5	29
2 Geländer	Treppenauffläche [m <sup>2</sup> ]	20	22	23	20	22	23	20	22	23
	Hauptpodestfläche [m <sup>2</sup> ]	3	3	3	5,5	5,5	5,5	7,5	7	6,5
	Zwischenpodestfläche [m <sup>2</sup> ]	3	3	3	5	5	5	3	3	3
	Treppenhausfläche [m <sup>2</sup> ]	26	28	29	30,5	32,5	33,5	30,5	32	32,5

### 3.8 Wohnungsgrößen

Auf Basis der vom statistischen Bundesamt (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2019) bereitgestellten Daten lässt sich die Entwicklung der Wohnfläche in Mehrfamilienhäusern, sowie die Wohnfläche pro Person in der Bundesrepublik Deutschland nachvollziehen (vgl. Abbildung 14).

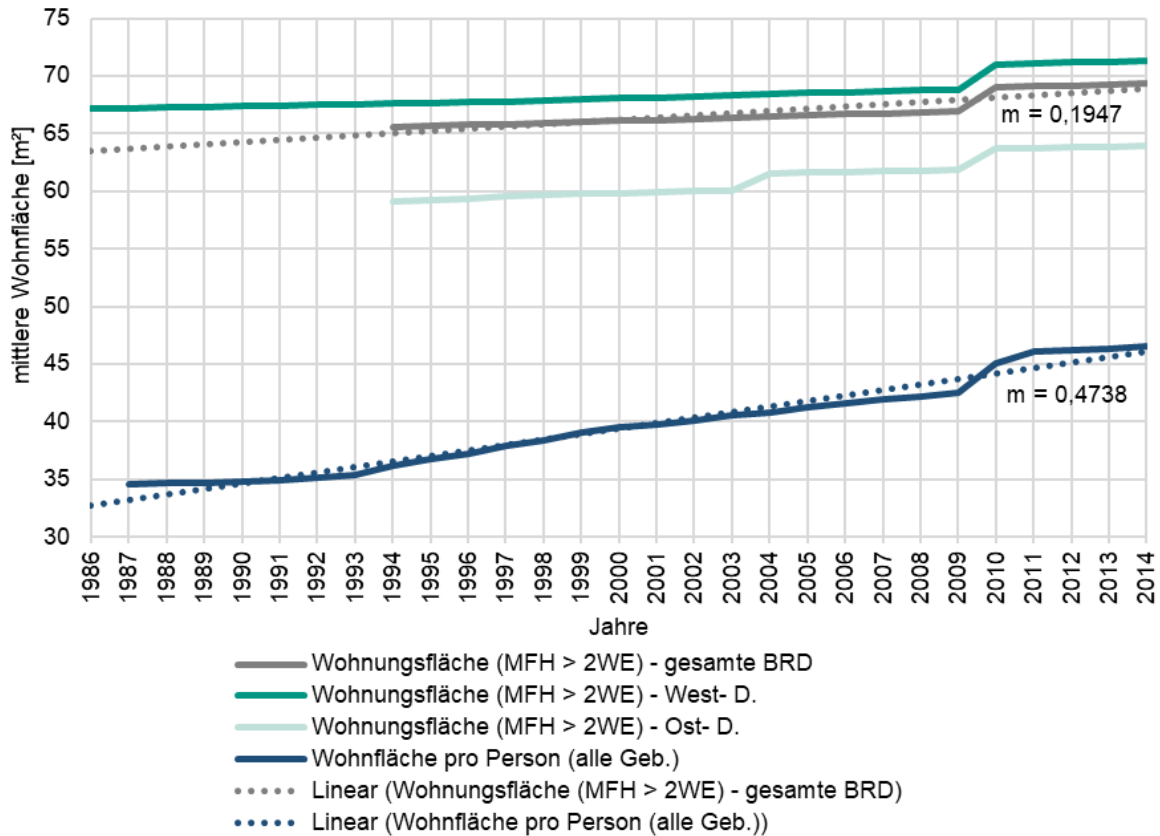


Abbildung 14 – Entwicklung der mittleren Wohnungsgröße in MFH ( $\geq 3$  WE) und der Wohnfläche pro Einwohner in der BRD ab 1986. (Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (Destatis) 2019)

Im westdeutschen Bundesgebiet wuchs die mittlere Wohnfläche demnach von 1986 bis 2014 um ca. 4,1 m<sup>2</sup> auf 71,3 m<sup>2</sup>. Dies entspricht einem Zuwachs von ca. 6,2 %. In Ostdeutschland (inkl. Ost-Berlin) ist von 2003 bis 2004 ein erster sprunghafter Anstieg der Wohnfläche um 1,5 m<sup>2</sup> erkennbar. Dies ist u.U. auf politisch motivierte Wohnbauförderungsmaßnahmen nach der Wiedervereinigung (zusammenfassend häufig als Aufbau Ost bezeichnet) zurückzuführen. Von 1994 bis 2014 wächst die Wohnfläche dort um etwa 4,8 m<sup>2</sup> pro Wohneinheit. Dies entspricht einer Steigerung um 7,5 %. Dennoch liegt die Wohnfläche pro Wohneinheit mit knapp 64 m<sup>2</sup> deutlich unter der in den westdeutschen Ländern. Im gesamten Bundesgebiet stieg die mittlere Wohnfläche von 1994 bis 2014 um ca. 3,8 m<sup>2</sup>. Die mittlere jährliche Steigerung pro Wohnung beträgt für den Zeitraum von 1999 bis 2014 etwa 0,19 m<sup>2</sup>/a.

Betrachtet man die Wohnfläche, die einer Person im Bundesgebiet unabhängig vom Wohngebäude statistisch zur Verfügung steht, so ergibt sich, dass sie von 36,2 m<sup>2</sup> im Jahre 1994 um 28,5 % auf 46,5 m<sup>2</sup> im Jahr 2014 gestiegen ist. Man sieht deutlich, dass die Wohnfläche pro Wohneinheit in Mehrfamiliengebäuden deutlich langsamer wächst, als die Wohnfläche pro Person im Bundesmittel.

Wertet man die Daten des Zensus 2011 (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011) hinsichtlich der Wohnungsgröße aus (vgl. Tabelle 16), stellt man fest, dass etwa zwei Drittel der Mietwohnungen in Gebäuden mit mehr als drei Wohneinheiten eine Wohnungsgröße von 40 bis 79 m<sup>2</sup> haben (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011c).

Tabelle 16 – Wohnfläche der Mietwohnungen in Wohngebäuden > 3 Wohneinheiten (ohne Wohnheime). (Datenbasis: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011c)

Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	< 30	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79	80 - 89	90 - 99	100 - 109	110 - 119	120 - 129	130 - 139	140 - 149	150 - 159	160 - 169	170 - 179	≥ 180
Anteil [%]	2,7	6,8	13,1	19,7	20,1	15,4	9,9	5,3	3,1	1,4	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3

Nachfolgend werden die o.g. Wohnungen mit 40 bis 79 m<sup>2</sup> Grundfläche hinsichtlich der Anzahl der Räume (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011b) und hinsichtlich der Bewohnerinnen- und Bewohnergruppe (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011a) ausgewertet. Seitens des statistischen Bundesamtes werden folgende Konfigurationen als Raum gewertet:

- abgeschlossene, einer Wohneinheit zuordenbare Einheit, die der Wohnnutzung (insbesondere Wohnen, Essen oder Schlafen) dient und eine Nutzfläche von mind. 6 m<sup>2</sup> umfasst
- abgeschlossene Einheiten, die der Nutzung Kochen zuzuordnen sind (unabhängig von Ihrer Größe)
- Räume, die mehreren Wohnnutzungen dienen (z. B. Wohnküche, Loft) werden als ein Raum gezählt; nicht als Raum gewertet werden Sanitärräume (Bäder, WCs) und Wirtschaftsräume.

Geht man im Folgenden davon aus, dass alle betrachteten Wohnungen eine als abgeschlossenen Raum ausgebildete Küche haben, ergibt sich, dass bei den Wohnungen mit einer Fläche von 40 bis 49 m<sup>2</sup> Wohnfläche mit einem Anteil von 89 % vorrangig Ein- und Zweizimmerwohnungen (zzgl. Küche, Bad) am MFH-Mietwohnungsmarkt vorhanden sind. Wohnungen mit 50 bis 59 m<sup>2</sup> sind mit einem Anteil von etwa 98 % Ein- bis Dreizimmerwohnungen. Wohnungen mit einer Grundfläche von 60 bis 69 m<sup>2</sup> bzw. 70 bis 79 m<sup>2</sup> sind jeweils mit ca. einem Anteil von 86 % Zwei- bis Dreizimmerwohnungen (vgl. Tabelle 17).

Tabelle 17 – Raumanzahl abhängig von der Wohnungsgröße. (Datenbasis: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011a, 2011b)

Grundfläche der Wohnung [m <sup>2</sup> ]	Anzahl der Räume										Anteil markierter Bereiche [%]
	1		2		3		4		5 und mehr		
	Absolut	[%]	Absolut	[%]	Absolut	[%]	Absolut	[%]	Absolut	[%]	
40- 49	156.374	7,4	818.315	38,7	1.060.276	50,1	75.398	3,6	6.442	0,3	88,7
50- 59	30.052	1,0	684.824	21,6	1.807.631	56,9	629.626	19,8	25.864	0,8	98,2
60- 69	10.523	0,3	328.020	10,2	1.435.961	44,3	1.341.078	41,4	126.937	3,9	85,6
70- 79	6.566	0,3	80.048	3,2	748.858	30,1	1.392.414	56,0	259.828	10,4	86,1

### 3.9 Haushaltsgrößen

Im Projekt UrbanReNet (Hegger et al. 2012, S. 119) wurde versucht die Verteilung der Haushaltsgrößen in Abhängigkeit des Gebäudetyps zu ermitteln. Zur Betrachtung wurden Daten des Statistischen Bundesamtes sowie eigene Berechnungen herangezogen. Für Mehrfamilienhäuser konnte ermittelt werden, dass die Mehrzahl der darin befindlichen Haushalte Ein- (49,2 %) und Zweipersonenhaushalte (31,8 %) sind. Drei- (10,7 %), Vier- (6,2 %) und Mehrpersonenhaushalte (2,1 %) spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Wertet man die in Kapitel 3.8 bereits als für den MFH-Mietwohnungsbau hauptsächlich als relevant identifizierten Wohnungsgrößen (Grundflächen) hinsichtlich der bewohnenden Personengruppen aus, so ergibt sich, dass Einpersonenhaushalte in allen Wohnungsgrößen den größten Einzelanteil stellen. Absolut betrachtet ist bei Wohnungen mit Größen von 40 bis 69 m<sup>2</sup> Grundfläche die Gruppe der Singlehaushalte (ohne Kinder oder alleinerziehende Eltern mit ein oder mehreren Kindern) am größten. Bei den Wohnungen mit einer Grundfläche von 70- 79 m<sup>2</sup> ist der von Paaren (mit und ohne Kinder) bewohnte Anteil am größten (vgl. Tabelle 18).

*Tabelle 18 – Bewohnergruppen nach Größe der MFH-Mietwohnung. (Datenbasis: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011a, 2011b)*

Grundfläche der Wohnung	Einpersonenhaushalte	Einpersonenhaushalte mit Kindern	Einpersonenhaushalte mit/ ohne Kinder	Zweipersonenhaushalte ohne Kinder	Zweipersonenhaushalte mit Kindern	Zweipersonenhaushalte mit/ ohne Kinder	Mehrpersonenhaushalte ohne Kernfamilie
[m <sup>2</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
40 - 49	82,0	3,2	85,2	10,0	2,1	12,1	2,7
50 - 59	63,3	7,5	70,8	20,9	5,1	26,0	3,2
60 - 69	46,2	11,1	57,2	27,9	11,5	39,4	3,4
70 - 79	32,8	12,7	45,5	29,3	21,9	51,1	3,3

### 3.10 Raumgrößen

Im Jahr 1955 wurde von Spengemann im Grundrissatlas eine detaillierte Übersicht über Raumgrößen angefertigt, anhand derer die in diesem Werk betrachteten Grundrisse ausgewählt wurden. Gemäß der Tabellenunterschrift „[...] stellen die Werte [...] auch einen allgemeinen Erfahrungsquerschnitt dar, denn innerhalb ihrer Maßspanne lag die Mehrzahl der [in der Studie] festgestellten Raumgrößen.“ (Spengemann 1995, S. 13)

Nachfolgend findet sich in Tabelle 19 eine Übersicht über die dort angegebenen Raumgrößen. Ferner wurden die Raumgrößen mit dem aus Kapitel 3.8 von 1994 bis 2014 für Wohnflächen ermittelbaren mittleren jährlichen Wachstumsfaktor von 0,29 % multipliziert und die Raumflächen für die resultierenden Jahrzehnte angegeben. In der Tabelle wurden zudem Größen von Bädern gem. RWE Bau Handbuch (RWE 2010, S. 19/2 f.) ergänzt.

Bei den Einbettzimmern wird zwischen Räumen mit und ohne Ofen unterschieden. Auch wenn heute ein Einbau eines Einzelofens in einem Individualraum als unwahrscheinlich anzusehen ist, wurde die Liste trotzdem komplett fortgeführt, da das Einbauen von Einzelöfen regional (Stadt - Land, Bundesländer) durchaus stark divergieren kann und nicht genau ermittelt wurde. Bei den Zweibettzimmern wurde als Regelmäßigkeit erkannt, dass bei Vorhandensein eines Einzelofens die Zimmergröße um 1 m<sup>2</sup> erhöht werden muss.

Tabelle 19 – Typische Raumgrößen (Teil1). (Datenbasis: Spengemann 1995, S. 13; RWE 2010, S. 19/2 f.)

Raum		1955	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020								
Nutzung	Spezifikation	Raumfläche [m <sup>2</sup> ]															
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.		
Wohnzimmer	normal, > Elternschlafzimmer	13,5	20,0	13,7	20,3	14,1	20,9	14,5	21,5	14,9	22,1	15,4	22,8	15,8	23,5	16,3	24,1
	groß, bei größeren Familien	20,0	28,0	20,3	28,4	20,9	29,2	21,5	30,1	22,1	31,0	22,8	31,9	23,5	32,8	24,1	33,8
Wohnküche	mit Kochstreifen/ - nische, Whg. ≤ 3 Räume	13,5	20,0	13,7	20,3	14,1	20,9	14,5	21,5	14,9	22,1	15,4	22,8	15,8	23,5	16,3	24,1
	mit Kochstreifen/ - nische, Whg. ≥ 4 Räume	15,0	24,0	15,2	24,4	15,7	25,1	16,1	25,8	16,6	26,6	17,1	27,3	17,6	28,1	18,1	29,0
Wohnküche, Kochteil	durch Wohnteil zugänglich	4,5	6,0	4,6	6,1	4,7	6,3	4,8	6,5	5,0	6,6	5,1	6,8	5,3	7,0	5,4	7,2
Wohnküche, Wohnteil	Zugang zum Kochteil	13,5	22,5	13,7	22,8	14,1	23,5	14,5	24,2	14,9	24,9	15,4	25,6	15,8	26,4	16,3	27,2
Koch/ Arbeitsküche	< Essküche	6,0	9,0	6,1	9,1	6,3	9,4	6,5	9,7	6,6	10,0	6,8	10,3	7,0	10,6	7,2	10,9
Essküche	< Wohnzimmer	9,0	14,0	9,1	14,2	9,4	14,6	9,7	15,1	10,0	15,5	10,3	15,9	10,6	16,4	10,9	16,9
Elternschlafzi- mmer	ohne Kinderbett	11,5	15,0	11,7	15,2	12,0	15,7	12,4	16,1	12,7	16,6	13,1	17,1	13,5	17,6	13,9	18,1
	mit Kinderbett	13,5	20,0	13,7	20,3	14,1	20,9	14,5	21,5	14,9	22,1	15,4	22,8	15,8	23,5	16,3	24,1
Ein- Betten- Zimmer <sup>1</sup>	ohne Ofen, mit Einbauschränk, 1 AP <sup>2</sup>	6,5	14,0	6,6	14,2	6,8	14,6	7,0	15,1	7,2	15,5	7,4	15,9	7,6	16,4	7,8	16,9
	ohne Ofen, mit beweglichem Schränk, 1 AP <sup>2</sup>	8,5	14,0	8,6	14,2	8,9	14,6	9,1	15,1	9,4	15,5	9,7	15,9	10,0	16,4	10,3	16,9
	mit Ofen, mit Einbauschränk, 1 AP <sup>2</sup>	9,0	14,5	9,1	14,7	9,4	15,1	9,7	15,6	10,0	16,0	10,3	16,5	10,6	17,0	10,9	17,5
	mit Ofen, mit beweglichem Schränk, 1 AP <sup>2</sup>	10,0	14,5	10,1	14,7	10,4	15,1	10,8	15,6	11,1	16,0	11,4	16,5	11,7	17,0	12,1	17,5

<sup>1</sup> Falls ein Einzelofen im Raum vorhanden ist, ist die Raumfläche (min./ max.) jeweils um 1 m<sup>2</sup> zu erhöhen

<sup>2</sup> AP: Arbeitsplatz



Tabelle 19 – Typische Raumgrößen (Teil 2). (Datenbasis: Spengemann 1995, S. 13; RWE 2010, S. 19/2 f.)

Raum		1955	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020								
Nutzung	Spezifikation	Raumfläche [m <sup>2</sup> ]															
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.		
Zwei- Betten- Zimmer <sup>1</sup>	Betten an Querwand, 1 Arbeitsplatz	9,5	14,0	9,6	14,2	9,9	14,6	10,2	15,1	10,5	15,5	10,8	15,9	11,1	16,4	11,5	16,9
	Betten an Querwand, 2 Arbeitsplätze	11,0	16,0	11,2	16,2	11,5	16,7	11,8	17,2	12,2	17,7	12,5	18,2	12,9	18,8	13,3	19,3
	Betten an Mittelgang, 1 Arbeitsplatz	9,0	14,0	9,1	14,2	9,4	14,6	9,7	15,1	10,0	15,5	10,3	15,9	10,6	16,4	10,9	16,9
	Betten an Mittelgang, 2 Arbeitsplätze	10,0	16,0	10,1	16,2	10,4	16,7	10,8	17,2	11,1	17,7	11,4	18,2	11,7	18,8	12,1	19,3
Sanitärräume	Gäste- WC	1,5- 2,8															
	Kinder-/ Gästebad	3,0- 8,0															
	Duschbad ohne WC	2,3- 4,0															
	Duschbad mit WC	3,0- 6,0															
	Familienbad	6,0- 15,0															
<sup>1</sup> Falls ein Einzelofen im Raum vorhanden ist, ist die Raumfläche (min./ max.) jeweils um 1 m <sup>2</sup> zu erhöhen <sup>2</sup> AP: Arbeitsplatz																	

### 3.11 Wohnungs- und Raumtemperaturen

Für energetische Bilanzierungen ist die Annahme sinnvoller Rauminnentemperaturen zwingend erforderlich. Gemäß der Norm DIN 4108 sind für beheizte Räume Innentemperaturen von 20°C (Raumsolltemperatur) anzunehmen. Die Berechnungen in TABULA wurden entsprechend durchgeführt.

Betrachtet man die einzelnen Räume einer Wohnung differenziert, so ist das Temperaturniveau je nach Nutzung deutlich unterschiedlich. Nachfolgend ist in Tabelle 20 ein Überblick über die normativen Temperaturniveaus nach DIN 4701, DIN EN 12831-1 und die Empfehlung des Energiedienstleisters ista (ista Deutschland GmbH 2019) dargestellt.

Das Umweltbundesamt gibt für Räume unterschiedlicher Nutzung Temperaturbereiche an. In Räumen zur Wohnnutzung sieht es Temperaturen von 20 bis 22 °C als komfortabel an. Das Bad soll mit etwa 22 °C beheizt werden. Die Schlafzimmer sind mit 17 bis 18 °C, wie auch die Küchen mit 18 °C kühler (Umweltbundesamt 2018).

Betrachtet man die unterschiedlichen Strömungen in der Raumplanung, so ist bei Grundrissen mit raumweise geschlossenen Teilbereichen eine geringere mittlere Temperatur zu erwarten, als bei sogenannten offenen Grundrissen. Hier werden häufig die Nutzungen Kochen, Essen und Wohnen in einem Raum zusammengefasst und die Nutzungsbereiche nur durch Möbel unterteilt. In diesen Bereichen ist eine höhere mittlere Temperatur zu erwarten.

Tabelle 20 – Norm-Innentemperaturen nach DIN 4701 (zurückgezogen) - Tabelle 2, DIN EN 12831-1- Tabelle 4 und ista Deutschland GmbH 2019.

Innentemperatur [°C]	Raumbezeichnung nach		
	DIN 4701-2	DIN EN 12831-1	ista
10	Treppenräume	-	-
15	Geheizte Nebenräume (Vorräume, Flure)	Beheizte Nebenräume (Flure, Treppenhäuser)	Diele
			Gästezimmer
17	-	-	-
18	-	-	Schlafzimmer
			Küche
20	Wohn- und Schlafräume	Wohn- und Schlafräume	Kinderzimmer
	Küchen	WC-Räume	Esszimmer
	Aborte		
21	-	-	Wohnzimmer
23	-	-	Bad
24	Bäder	Bade- und Duschräume, Bäder, Umkleieräume, Untersuchungszimmer (generell jede Nutzung für den unbekleideten Bereich)	-

Schröder et al. (2018) berichten auf Basis umfangreicher Messdaten von einer Verschiebung der mittleren Raumtemperaturen hin zu höheren Temperaturen für Gebäude neuerer Baualtersklassen bzw. höheren energetischen Standards, sowie hin zu geringeren Temperaturen für Gebäude älterer Baualtersklassen. Im Mittel wurde eine Verschiebung der Raumtemperaturen in der Größenordnung von 4 K von Gebäuden der Baualtersklasse vor 1978 (18 °C) hin zu Gebäuden mit Passivhausstandard (22 °C) beobachtet. Dieser quantifizierte „Rebound“-Effekt soll bei der weiteren Projektbearbeitung berücksichtigt werden.



## 4 Thermische Gebäudehülle

Der Zustand der thermischen Gebäudehülle ist ein wichtiges Merkmal zur Kategorisierung und Beschreibung eines Gebäudes. Nachfolgend wird eine Bestandsanalyse der verbauten Fenster- und Außenwandtypen durchgeführt, Bauteil-spezifische Wärmedurchgangskoeffizienten nach BAK und Sanierungszustand ermittelt und ein Überblick über typische Sanierungszyklen der Gebäudehülle gegeben. Zuletzt wird auf unter Denkmalschutz stehende Gebäude eingegangen.

### 4.1 Fenster- und Außenwandtypen

Bezüglich der Verglasung deutscher Mehrfamilienhäuser ist festzustellen, dass sie überwiegend (55,3 %) aus Zwei-Scheiben-Verglasung, weitgehend Wärmeschutzverglasung, besteht. Die Zwei-Scheiben-Verglasung von Fensterbaujahren vor 1994, weitgehend keine Wärmeschutzverglasung, stellt mit 34 % die zweitgrößte Gruppe. Diese wird in den nächsten Jahren sanierungsbedürftig und stellt ein erhebliches Einsparpotential von Heizenergie dar (vgl. Kapitel 4.3). Drei-Scheiben-Verglasung spielt mit einem Anteil von 6,5 % aktuell noch eine untergeordnete Rolle (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 70). Betrachtet man jedoch den Anteil an Drei-Scheiben-Verglasung an aktuellen Fenstererneuerungen wird ersichtlich, dass ihr Anteil signifikant steigt. Bereits im Zeitraum 2010-2012 waren 22,4 % der erneuerten Fenster (bezogen auf den gesamten Immobilienbestand, nicht nur Mehrfamilienhäuser) eine Drei-Scheiben-Verglasung. Im Zeitraum ab 2013 stieg dieser Anteil auf 34,9 % und lässt weiteres Wachstum annehmen (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 71). Hatten in den Neubauten zwischen 2005 und 2010 noch 15 % eine Drei-Scheiben-Verglasung (Diefenbach et al. 2010, S. 79) so waren es in den Neubauten ab dem Jahr 2010 bereits 76,9 % (bezogen auf gesamten Wohngebäudebestand) (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 70). Die Modernisierungsrate von Fenstern in MFH lag 2010-2016 mit Flächengewichtung bei 2,1 % pro Jahr (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 73).

Die Art der Außenwand hat großen Einfluss auf die realisierbaren energetischen Sanierungsoptionen. Insbesondere bei der Fassadendämmung ist es ein entscheidender Faktor. So kann bei einem zweischaligen Mauerwerk, bei dem es einen Hohlraum zwischen innerer und äußerer Außenwand gibt, eine einfache, schnelle und kostengünstige Einblasdämmung vorgenommen werden. Hierbei wird der Hohlraum durch gebohrte Löcher mit kleinen Dämmstoffkugeln befüllt. Diese Variante ist mit Abstand die günstigste Möglichkeit zur Außenwanddämmung und wird bei diesem Außenwandtyp überwiegend genutzt (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 55). Zudem ist der Anteil der gedämmten Bauteilfläche (alle Gebäudetypen) bei zweischaligem Mauerwerk mit 58,5 % doppelt so hoch wie bei einschaligem Mauerwerk (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 54). Beim einschaligem Mauerwerk ist dies nicht möglich, da kein Zwischenraum existiert. Es muss auf teurere und aufwändigere Wärmedämmverbundsysteme oder Vorhangfassaden zurückgegriffen werden. Beim Fachwerk muss eine Vorhangfassade verwendet werden, es sei denn die Außenwand wurde glattgeschliffen und die Unebenheiten, bedingt durch das Fachwerk, beseitigt. Eine Dämmung von Innen ist in allen Fällen möglich. Sie spielt jedoch vor allem bei Fachwerkhäusern (alle Gebäudetypen) mit 31,5 % der Wärmedämmung eine Rolle, da Dämmung von außen aufwendiger ist und die Optik verändert. Bei gedämmten einschaligem Mauerwerk liegt der Anteil von Innendämmung bei 12 % (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 55).

Die prozentuale Verteilung der Mauerwerkstypen deutscher Mehrfamilienhäuser ist in Abbildung 15 dargestellt. Wie ersichtlich wird, sind die Außenwände von Mehrfamilienhäusern zu 65 % aus einschaligem und zu 24 % aus zweischaligem Mauerwerk. Hinzu kommen 8 % Betonfertigteile, Großtafelbauweise und Plattenbau. Das Fachwerk (2,3 %) und die Holzbauweise (0,4 %) fallen kaum ins Gewicht (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 53). Als zeitliche Tendenz lässt sich nur annehmen, dass einschalige Mauerwerke weniger dominant wurden, zweischalige Mauerwerke häufiger und Betonfertigteile, Großtafelbauweise und Plattenbau ebenfalls häufiger geworden sind.

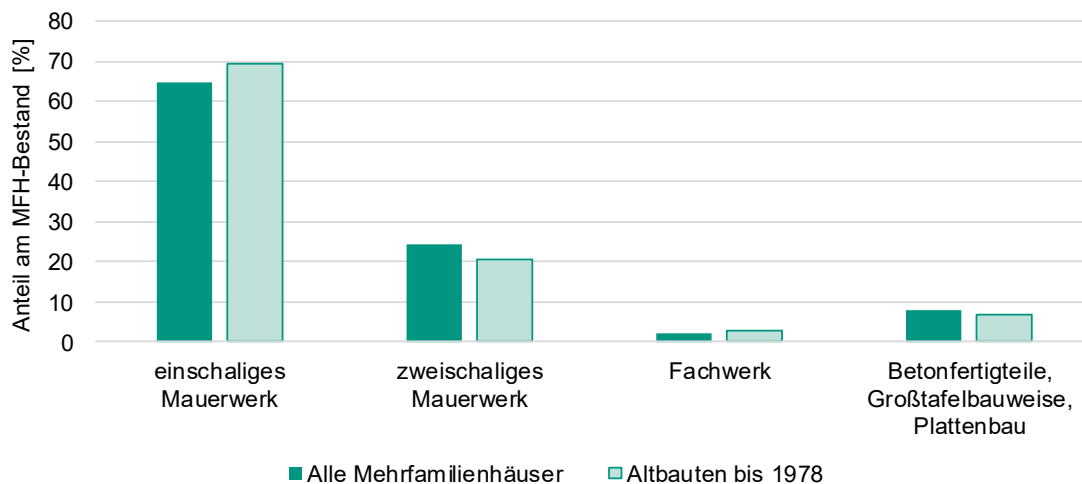


Abbildung 15 – Verteilung der Außenwandtypen von MFH nach einschaligem Mauerwerk, zweischaligem Mauerwerk, Fachwerk und Betonfertigteile, Großtafelbauweise, Plattenbau unter Einbeziehung von Altbauten. (Eigene Darstellung nach Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 55)

### 4.2 Sanierung der Gebäudehülle und typische U-Werte

In der „Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016“ wurde ermittelt, dass bei 54,3 % der Mehrfamilienhäuser eine Dämmung der Außenwand vorhanden ist. 81,8 % der Mehrfamilienhäuser haben ein gedämmtes Dach oder eine gedämmte Obergeschosssdecke und bei 37 % ist der Fußboden bzw. die Kellerdecke gedämmt (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 48). Kellerdecke und Außenwand bieten in Konsequenz also das größte Potential für weitere Energieeinsparungen.

Die Anteile an nachträglich gedämmter Bauteilfläche bei der Altbaumodernisierung in den neuen Bundesländern ist allgemein höher als in den alten Bundesländern. So sind es bei der nachträglichen Außenwanddämmung in den neuen Bundesländern 51 % nachträglich gedämmte Bauteilfläche, in den alten Bundesländern hingegen nur 33 % (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 51). Des Weiteren haben Wohnungsunternehmen einen fast dreimal so großen Anteil (48 %) an gedämmten Außenwänden bei der Altbaumodernisierung wie Wohnungseigentümergeinschaften (17 %) (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 51).

Im Rahmen des TABULA-Projekts wurden die Gebäudehüllen der Typgebäude nach entsprechend ihrer Baualtersklasse typischen Bauteilaufbauten hin untersucht. Für diese Konstruktionsaufbauten wurden dann Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) ermittelt. Anschließend wurden für jedes Bauteil (abhängig vom Untersuchungszeitpunkt) zwei Modernisierungspakete mit Bauteilaufbau erarbeitet. Das erste Modernisierungspaket bildet hierbei eine konventionelle Sanierung ab. Die Gebäude werden dabei auf den von der EnEV 2009/ 14/ 16 geforderten Stand saniert. Das zweite Modernisierungspaket beschreibt eine zukunftsweisende oder ambitionierte Sanierung im Rahmen des bautechnisch noch sinnvoll machbaren (thermische Hülle auf Passivhausniveau, eine Sonderregelung gilt für die beiden Baualtersklassen K und L, vgl. hierzu Kapitel 8.1.1). Für beide Sanierungspakete wurden wiederum Bauteilaufbauten und ihre zugehörigen U-Werte ermittelt. Auf die Darstellung der Bauteilaufbauten wird in diesem Werk verzichtet. Diese können für Mehrfamilienhäuser in der Deutschen Wohngebäudetypologie (Loga et al. 2015, S. 178 ff.) nachgelesen werden. Nachfolgend soll stattdessen eine Untersuchung der U-Werte erfolgen.

In Tabelle 21 bis Tabelle 23 können die mittleren U-Werte der Bauteile nach Baualtersklassen für die drei o.g. Sanierungsstände abgelesen werden. Zur Erstellung der Tabellen wurden die in TABULA angegebenen U-Werte herangezogen. Bei mehreren U-Werten pro Bauteil wurden die angegebenen U-Werte anhand der angegebenen Bauteilflächen gewichtet gemittelt. Für die Fenster ist auch bei den U-Werten für das Stadium Bestand davon auszugehen, dass diese in Gebäuden bis Baualtersklasse H nachträglich ersetzt wurden.

Tabelle 21 – Mittlere Bauteil-U-Werte für MFH nach BAK - Stadium: Bestand. (Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 118 ff. und IWU 2012-2016)

BAK	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]				
	Dach	Wand	Boden	Fenster	Tür
A (...- 1859)	2,60	2,00	0,97	2,80	3,00
B (1860- 1918)	1,30	2,20	0,88	2,70	3,00
C (1919- 1948)	1,28	1,70	0,82	3,00	3,00
D (1949- 1957)	1,08	1,20	1,33	3,00	3,00
E (1958- 1968)	0,51	1,20	1,08	3,00	3,00
F (1969- 1978)	0,51	1,00	0,77	3,00	4,00
G (1979- 1983)	0,43	0,80	0,65	3,00	4,00
H (1984- 1994)	0,36	0,60	0,51	3,00	4,00
I (1995- 2001)	0,32	0,40	0,40	1,90	2,00
J (2002- 2009)	0,20	0,25	0,32	1,40	3,00
K (2010- 2015) <sup>1</sup>	0,20	0,28	0,35	1,30	1,80
L (2016- ...) <sup>2</sup>	0,25	0,29	0,29	1,10	1,30
<sup>1</sup> nach Mindestanforderung für Neubauten nach der EnEV 2009/ 14 <sup>2</sup> nach Mindestanforderung für Neubauten nach EnEV 2016					

Tabelle 22 – Mittlere Bauteil-U-Werte für MFH nach BAK - Stadium: konventionelle Sanierung. (Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 178 ff. und IWU 2012-2016)

BAK	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]				
	Dach	Wand	Boden	Fenster	Tür
A (...- 1859)	0,41	0,35	0,30	1,60	1,60
B (1860- 1918)	0,41	0,36	0,29	1,60	1,60
C (1919- 1948)	0,38	0,25	0,28	1,30	1,30
D (1949- 1957)	0,23	0,23	0,33	1,30	1,30
E (1958- 1968)	0,19	0,23	0,31	1,30	1,30
F (1969- 1978)	0,19	0,22	0,28	1,30	1,30
G (1979- 1983)	0,17	0,21	0,26	1,30	1,30
H (1984- 1994)	0,16	0,20	0,24	1,30	1,30
I (1995- 2001)	0,15	0,17	0,21	1,30	1,30
J (2002- 2009)	0,13	0,13	0,18	1,30	1,30
K (2010- 2015) <sup>1</sup>	0,10	0,14	0,18	0,70	0,80
L (2016- ...) <sup>2</sup>	0,10	0,11	0,11	1,10	1,30
<sup>1</sup> entspricht KfW- Effizienzhaus 70 <sup>2</sup> entspricht KfW- Effizienzhaus 55					

Tabelle 23 – Mittlere Bauteil-U-Werte für MFH nach BAK - Stadium: ambitionierte Sanierung.  
(Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 178 ff. und IWU 2012-2016)

BAK	U-Wert [W/(m²K)]				
	Dach	Wand	Boden	Fenster	Tür
A (... - 1859)	0,14	0,14	0,22	0,80	0,80
B (1860- 1918)	0,14	0,14	0,22	0,80	0,80
C (1919- 1948)	0,13	0,13	0,21	0,80	0,80
D (1949- 1957)	0,11	0,13	0,24	0,80	0,80
E (1958- 1968)	0,09	0,13	0,23	0,80	0,80
F (1969- 1978)	0,09	0,13	0,21	0,80	0,80
G (1979- 1983)	0,09	0,12	0,20	0,80	0,80
H (1984- 1994)	0,09	0,12	0,19	0,80	0,80
I (1995- 2001)	0,11	0,14	0,14	0,80	0,80
J (2002- 2009)	0,14	0,14	0,17	0,80	0,80
K (2010- 2015) <sup>1</sup>	0,08	0,12	0,12	0,70	0,80
L (2016- ...) <sup>1</sup>	0,08	0,12	0,12	0,70	0,80

<sup>1</sup> Niedrigstenergiehaus entspricht ca. KfW- Effizienzhaus 40

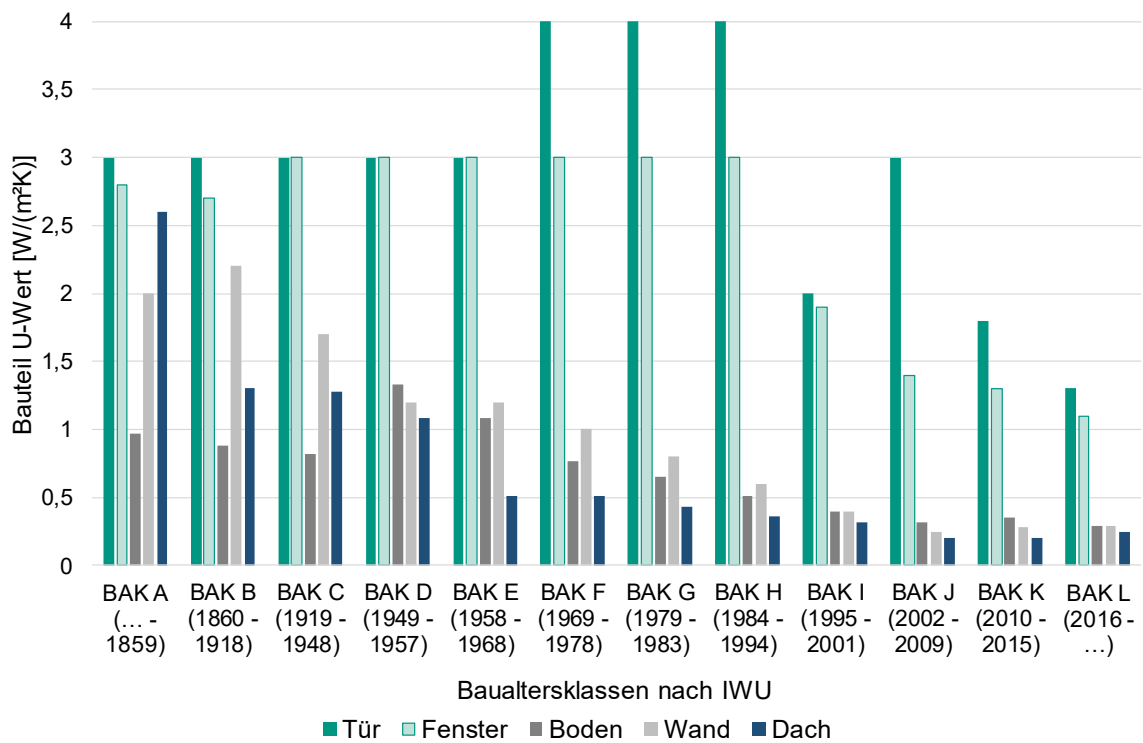


Abbildung 16 – Entwicklung der Bauteil- U-Werte der MFH- Bestandsgebäude über die BAK.  
(Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 178 ff.)

Betrachtet man die U-Werte der Bauteile in den unsanierten Bestandsgebäuden (vgl. Abbildung 16), so stellt man fest, dass bereits frühzeitig eine Verbesserung des U-Wertes im Dach erfolgte. Kurz darauf wurden auch die U-Werte von Wand- und Boden kontinuierlich verbessert. Lediglich bei Fenstern und Türen wurden erst in den letzten 20 bis 25 Jahren deutliche Verbesserungen der U-Werte erreicht.

Bei den beiden Sanierungsstufen sind U-Wert-Entwicklungen einzelner Bauteile über die Baualtersklassen nicht sehr aufschlussreich, da lediglich eine Aussage über die Ähnlichkeit der Bauweise getroffen würde: Bauteile ähnlicher Beschaffenheit lassen sich mit annähernd gleichem Aufwand auf ähnliche U-Werte verbessern (Bsp.: Fenstertausch). Im weiteren Verlauf der Arbeit wurden deshalb die mittleren U-Werte für die einzelnen Baualtersklassen ermittelt, um abzuschätzen, ob eine Baualtersklasse aufgrund ihrer baulichen Beschaffenheit besonders schlecht für eine Sanierung geeignet ist.

Im Bestand ist - analog zur Verbesserung der U-Werte der flächenmäßig dominierenden Bauteile (Dach, Boden, Wand) - eine kontinuierliche Verbesserung der mittleren U-Werte (über alle Bauteile) bis zur Baualtersklasse J erkennbar. Die Spanne reicht von 2,06 W/(m<sup>2</sup>K) bis 0,37 W/(m<sup>2</sup>K). In den nachfolgenden beiden Baualtersklassen K und L ist ein Einschwingen des U-Wertes bei ca. 0,40 W/(m<sup>2</sup>K) zu sehen (vgl. Abbildung 17).

Betrachtet man hingegen die möglichen mittleren U-Werte, die sich durch eine konventionelle Sanierung ergeben, sieht man, dass sich durch eine energetische Verbesserung der Gebäudehülle - zumeist ohne dramatische Eingriffe in die Konstruktion - die unterschiedliche Qualität der bisherigen Bauteilaufbauten verschiedener BAKs weitestgehend egalisieren lässt. Die Spreizung der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten kann bereits so von 1,7 W/(m<sup>2</sup>K) im unsanierten Bestand auf 0,3 W/(m<sup>2</sup>K) reduziert werden.

Nach Durchführung einer ambitionierten Sanierung ist praktisch kein Unterschied der ursprünglichen Bauteilqualität zwischen den verschiedenen BAKs mehr erkennbar. Der maximale Unterschied der mittleren U-Werte beträgt lediglich noch 0,06 W/(m<sup>2</sup>K).

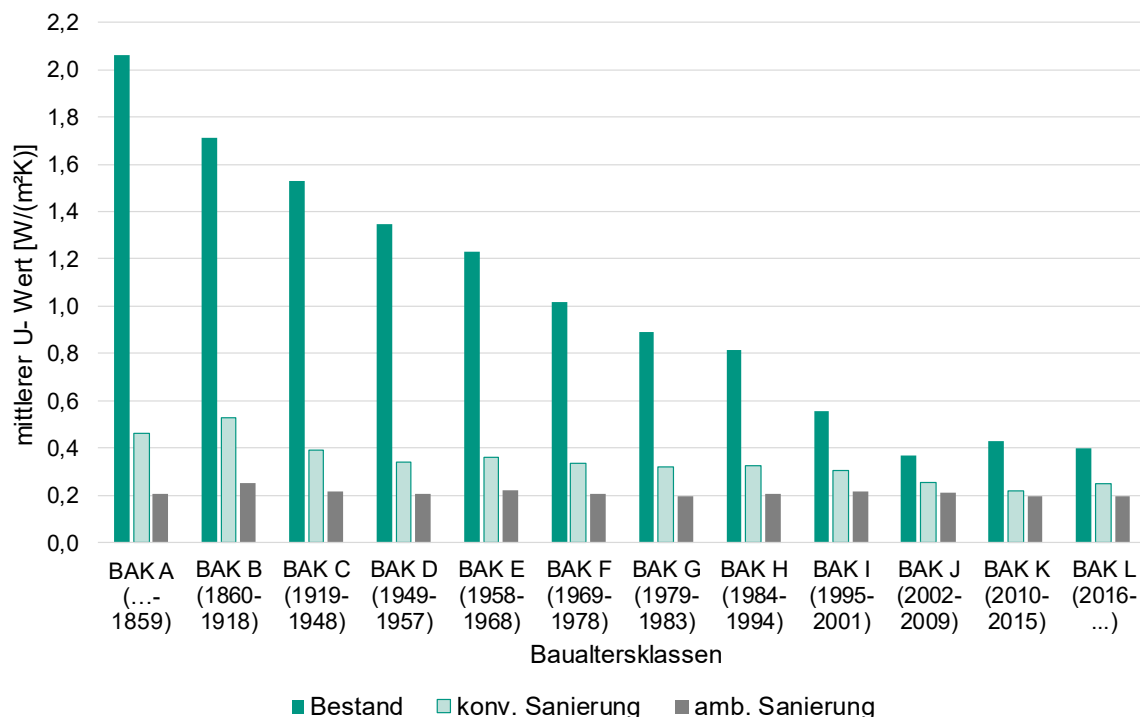


Abbildung 17 – Mittlere U-Werte nach BAK - Stadium: Bestand, konventionelle u. ambitionierte Sanierung. (Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 178 ff.)



### 4.3 Typische Sanierungszyklen

Geht man davon aus, dass eine Sanierung der thermischen Gebäudehülle unabdingbar ist, um aktuelle Anforderungen an den Energiebedarf von Gebäuden zu erfüllen, stellt sich die Frage, welche Maßnahme den größten Kosten/ Nutzen-Faktor birgt. Eine wesentliche Rolle spielt hierbei die Tatsache, ob bzw. wann ein Bauteil seine Lebensdauer erbracht hat und sowieso ausgetauscht werden muss.

Im Kompetenzzentrum „Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen“ des Instituts für Erhaltung und Modernisierung e.V. (IEMB) wurde mit Infoblatt Nr. 4.2 (IEMB 2006) eine detaillierte Übersicht über die Lebenserwartungen diverser, typischer Baustoffe und Bauteile geschaffen. Angegeben werden hierbei jeweils ein Bereich der zu erwartenden Lebensdauer, sowie eine mittlere Lebenserwartung.

Im Verlauf der Untersuchung wurden die in der deutschen Wohngebäudetypologie des IWU (Loga et al. 2015) angegebenen typischen Bauteile der vorrangig für die Sanierung infrage kommenden Baualtersklassen (BAK) A bis H (bis 1994) und ihr angegebener Schichtaufbau erfasst (vgl. Tabelle 24).

*Tabelle 24 – Schichtaufbau der die Gebäudehülle beschreibenden Bauteile nach Baualtersklassen nach TABULA (Loga et al. 2015). (Teil 1)*

BAK (IWU)	Bauteil	Schicht 1 (innen)	Schicht 2	Schicht 3	Schicht 4 (gegen außen/ unbeheizt)
MFH_A	Dach	Putz	Schilfmatte/ Spalierplatte	Sparren (ohne Zwischensparrendämmung)	Ziegel-eindeckung
MFH_B	Dach	Putz	Schilfmatte/ Spalierplatte	Sparren mit Strohwickel als Zwischensparrendämmung	Ziegel-eindeckung
MFH_C	Dach	Putz	Holzfasierplatten	Sparren (ohne Zwischensparrendämmung)	Ziegel-eindeckung
MFH_D	oberste Geschossdecke	Putz	Stahlbeton	Dämmung (1cm)	Zementestrich
MFH_E	oberste Geschossdecke	Putz	Stahlbeton	Dämmung (5cm)	Zementestrich
MFH_F	oberste Geschossdecke	Putz	Stahlbeton	Dämmung (5cm)	Zementestrich
MFH_G	oberste Geschossdecke	Putz	Stahlbeton	Dämmung (6cm)	Zementestrich
MFH_H	oberste Geschossdecke	Putz	Stahlbeton	Dämmung (10cm)	Zementestrich

Tabelle 24 – Schichtaufbau der die Gebäudehülle beschreibenden Bauteile nach Baualtersklassen nach TABULA (Loga et al. 2015). (Teil 2)

BAK (IWU)	Bauteil	Schicht 1 (innen)	Schicht 2	Schicht 3	Schicht 4 (gegen außen/unbeheizt)
MFH_A	Außenwand	Putz	Fachwerk (Holz, Bruchstein/ Ziegel)	Putz	
MFH_B	Außenwand	Putz	Vollziegel-/ Bruchsteinmauerwerk	Putz	
MFH_C	Außenwand	Putz	Vollziegelmauerwerk	Putz	
MFH_D	Außenwand	Putz	Hohlblocksteine, Leicht-Hochlochziegel, Gittersteine	Putz	
MFH_E	Außenwand	Putz	Hohlblocksteine, Leicht-Hochlochziegel, Gittersteine	Putz	
MFH_F	Außenwand	Putz	Hohlblocksteine, Leicht-Hochlochziegel, Gittersteine	Putz	
MFH_G	Außenwand	Putz	Leicht- Hochlochziegel/ Leichtmörtel	Putz	
MFH_H	Außenwand	Putz	Leicht- Hochlochziegel/ Leichtmörtel	Putz	
MFH_A	Boden gegen unbeheizt	Dielenfußboden	Unterkonstruktion/ Luftraum	Holzbalken mit Strohwickeln als Zwischendämmung	
MFH_B	Boden gegen unbeheizt	Dielenfußboden	Unterkonstruktion/ Luftraum	Ausgleichsschicht - Estrich	Stahlträger mit gemauertem Tonnengewölbe
MFH_C	Boden gegen unbeheizt	Dielenfußboden	Unterkonstruktion/ Schlackenschüttung	Stahlträger/ Ortbeton	
MFH_D	Boden gegen unbeheizt	mittlerer Bodenbelag	Verbundestrich (Zement)	Stahlbeton	
MFH_E	Boden gegen unbeheizt	mittlerer Bodenbelag	Zementestrich	Dämmung (1cm)	Stahlbeton
MFH_F	Boden gegen unbeheizt	mittlerer Bodenbelag	Zementestrich	Dämmung (2cm)	Stahlbeton
MFH_G	Boden gegen unbeheizt	mittlerer Bodenbelag	Zementestrich	Dämmung (4cm)	Stahlbeton
MFH_H	Boden gegen unbeheizt	mittlerer Bodenbelag	Zementestrich	Dämmung (6cm)	Stahlbeton

Die für die o.g. Bauteilschichten (mithilfe der vom IEMB bereitgestellten Tabelle) ermittelten Lebensdauern der einzelnen Bauteilschichten, sind in Tabelle 39 im Anhang zu finden.

Bewertet man die oben angegebenen Bauteile nun nach den Sanierungszyklen für die einzelnen Schichten unter Berücksichtigung etwaiger Abhängigkeiten (Bsp.: Die Dämmung unter dem Estrich kann nur getauscht werden, wenn vorher Bodenbelag und Estrich ausgebaut werden) und bringt die Austauschzyklen innerhalb der Spanne der Einzellebenserwartungen in ein sinnvolles, ganzzahliges Verhältnis, so kann man für die Bauteile die in der nachfolgenden Tabelle 25 dargestellten idealen Lebenszyklen ermitteln.

*Tabelle 25 – Theoretisch ermittelte ideale Lebenszyklen der Bauteile nach Baualtersklassen.  
(Teil 1)*

BAK (IWU)	Bauteil	sinnvoller Sanierungszyklus - Freitext	Idealer Lebenszyklus		
			Unterhalts-sanierung [a]	General-sanierung [a]	Viel-faches
MFH_A	Dach	Austausch Innenbekleidung und Dämmung alle 20 a, Tausch Ziegel nach 2. oder 3. Zyklus	20	60	3
MFH_B		Austausch Innenbekleidung und Dämmung alle 20 a, Tausch Ziegel nach 2. oder 3. Zyklus	20	60	3
MFH_C		Austausch Innenbekleidung und Dämmung alle 20 a, Tausch Ziegel nach 2. oder 3. Zyklus	20	60	3
MFH_D	oberste Geschossdecke	Sanierung Dämmung und Estrich alle 35a	35	105	3
MFH_E		Sanierung Dämmung und Estrich alle 35a	35	105	3
MFH_F		Sanierung Dämmung und Estrich alle 35a	35	105	3
MFH_G		Sanierung Dämmung und Estrich alle 35a	35	105	3
MFH_H		Sanierung Dämmung und Estrich alle 35a	35	105	3
MFH_A	Außenwand	Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 100a	50	100	2
MFH_B		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 80a	40	80	2
MFH_C		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3
MFH_D		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3
MFH_E		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3
MFH_F		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3
MFH_G		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3
MFH_H		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3

Tabelle 25 – Theoretisch ermittelte ideale Lebenszyklen der Bauteile nach Baualtersklassen.  
(Teil 2)

BAK (IWU)	Bauteil	sinnvoller Sanierungszyklus - Freitext	Idealer Lebenszyklus		
			Unterhalts-sanierung [a]	BAK (IWU)	Bauteil
MFH_A	Fenster/ Tür	Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25
MFH_B		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25
MFH_C		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25
MFH_D		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25
MFH_E		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25
MFH_F		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25
MFH_G		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25
MFH_H		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25
MFH_A	Boden gegen unbeheizt	Belag + Unterkonstruktion alle 30a, Tragschicht alle 90a	30	90	3
MFH_B		Belag + Unterkonstruktion alle 26,5a, Tragschicht alle 80a	26,5	80	3
MFH_C		Belag + Unterkonstruktion alle 30a, Tragschicht alle 90a	30	90	3
MFH_D		Belag alle 50a, Unterkonstruktion + Tragschicht alle 100a	50	100	2
MFH_E		Belag + Unterkonstruktion alle 35a, Tragschicht alle 105a	35	105	3
MFH_F		Belag + Unterkonstruktion alle 35a, Tragschicht alle 105a	35	105	3
MFH_G		Belag + Unterkonstruktion alle 35a, Tragschicht alle 105a	35	105	3
MFH_H		Belag + Unterkonstruktion alle 35a, Tragschicht alle 105a	35	105	3

Bei Fenstern und Türen wurde davon ausgegangen, dass es am wirtschaftlichsten ist das Fenster komplett zu tauschen, wenn die Lebensdauer diverser, wesentlicher Einzelteile - wie z.B. Beschläge und Scheiben - erreicht wurde. Dieses Vorgehen kann durchaus in der Praxis beobachtet werden. Lediglich bei denkmalgeschützten Gebäuden wird häufig der noch intakte Rahmen erhalten und nur Einzelkomponenten getauscht.

### 4.4 Denkmalschutz

Am deutschen Gebäudebestand haben in geringem Maße auch denkmalgeschützte Gebäude Anteil. Je nach Quelle schwanken die Angaben hier erheblich. In der Datenbasis Gebäudebestand des IWU wird ein Gesamtanteil von unter Denkmal- oder Ensembleschutz stehender Gebäude von 3,5 % angegeben. Betrachtet man nur Gebäude bis Baujahr 1978, so beträgt der Anteil 5,6 % (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 59). In dem Werk „Denkmalpflege“ wird davon ausgegangen, dass etwa 5 bis 7 % des deutschen Gebäudebestandes unter Denkmalschutz stehen (Raabe 2015, S. 1).

Neben den rechtlich definierten denkmalgeschützten Gebäuden gibt es ferner eine hohe Anzahl an sonstiger, besonders erhaltenswerter Bausubstanz (Begriff rechtlich nicht definiert, Anhaltspunkte können KFW-Förderrichtlinien geben). Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) geht davon aus, dass etwa 10 % aller Gebäude, die in historischen Stadt- oder Ortslagen liegen, der Kategorisierung entsprechen. Von weiteren besonders erhaltenswerten Gebäuden jenseits dieser Kategorisierungen wird ausgegangen (BMUB 2014, S. 11). Schätzungen gehen davon aus, dass je nach angelegtem Maßstab etwa 25 bis 35 % des Gebäudebestandes als besonders erhaltenswert eingestuft werden kann (vgl. Klemnow und Hasler 2013, S. 3).

Im Wesentlichen als erhaltenswert anzusehende Gebäude sind historische Stadt- und Dorfkerne (häufig mit hohen Gebäudeanteilen mit einem Alter von über 100 Jahren) und gründerzeitliche Siedlungen und Quartiere (Bauzeit: 1910-1940, complan Kommunalberatung 2017, S. 5 ff.). Aber auch neuere Nachkriegsgebäude können unter Denkmalschutz stehen.

Die wichtigsten Gründe für die Bewertung eines Gebäudes als Denkmal sind künstlerischer, geschichtlicher, wissenschaftlicher, städtebaulicher oder technischer Natur (Raabe 2015, S. 17 f.).

## 5 Technische Anlagen

Im nachfolgenden Kapitel sind die verfügbaren Daten zur Anlagentechnik im MFH-Bestand zusammengefasst. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Raumheizung. Daneben werden die Trinkwarmwassererwärmung und die Lüftung betrachtet. Abschließend wird der aktuelle Stand der Nutzung erneuerbarer Energien in Mehrfamilienhäusern beschrieben.

Die Anlagentechnik lässt sich nicht so gut nach Baualter klassifizieren. Insbesondere bei der Heizungstechnik wurde bereits sehr früh, ab ca. 1850, eine breite Spanne diverser Systeme entwickelt und am Markt etabliert. Selbst wenn es gelingt, die in einem definierten Zeitfenster am häufigsten eingesetzte Technik zu identifizieren, lässt sich daraus nur sehr schwer ein Rückschluss auf die heute im aus demselben Zeitfenster stammenden Gebäude verbaute Technik ziehen. Denn die Lebensdauer der Anlagentechnik ist in der Regel deutlich geringer, als die des umhüllenden Gebäudes. Dennoch wird durch gezielte Datenerhebungen eine Zuordnung der Heizungstechnik nach BAK der Gebäude angestrebt. Von besonderem Interesse ist, inwieweit in Mehrfamilienhäusern zentrale oder dezentrale Anlagentechniken über die Zeit erhalten bleiben oder ob in bestimmten Gebäudetypen ein Wechsel von dezentraler zu zentraler Technik leichter möglich ist als in anderen.

Bei den nachfolgenden hochaufgelösten Darstellungen nach Größe und BAK ist darauf hinzuweisen, dass die statistischen Fehler aufgrund niedriger Fallzahlen groß werden können. Nähere Informationen zu den Datenquellen der Anlagentechnik sind im Anhang (Kapitel 8.1.3-8.1.5) zu finden.

### 5.1 Verteilung und Übergabe

In der „Datenbasis Gebäudebestand“ (Diefenbach et al. 2010) sind vier Wärmeübergabesysteme erfasst: „Heizkörper“, „Fußbodenheizung“, „Luftauslass“ und „Öfen“. Die Wärmeübergabe an den Raum erfolgt mit 86,7 % in den meisten Gebäuden durch Heizkörper. Flächenheizungen, die mit einem niedrigeren Temperaturniveau betrieben werden können, spielen bisher nur in neueren Gebäuden (v.a. Neubau ab 2005) eine Rolle (vgl. Tabelle 26).

*Tabelle 26 – Wärmeübergabesysteme in Wohngebäuden nach (Diefenbach et al. 2010, S. 85 f.).*

Gebäudetyp	Heizkörper	Fußbodenheizung	Luftheizung
<b>Wohngebäude</b>	86,7 %	12,6 %	0,7 %
<b>Altbau bis 1978</b>	95,7 %	3,3 %	0,7 %
<b>Neubau ab 2005</b>	34,4 %	64,4 %	1,2 %

Eine detailliertere Analyse der „Datenbasis Gebäudebestand“ (Diefenbach et al. 2010) von (Dengler und Schicktanz 2012) zeigt die Verteilung der Wärmeübergabesystemen nach Größenklassen (siehe Tabelle 27). Es wird nachfolgend zwischen drei Größenklassen unterschieden: kleines Mehrfamilienhaus (KMH, 3 bis 6 Wohneinheiten), mittleres Mehrfamilienhaus (MMH, 7 bis 12 Wohneinheiten) und große Mehrfamilienhäuser (GMH, mehr als 12 Wohneinheiten). Der Anteil von Heizkörpern beträgt in KMH 92 %, in MMH 96 % und in GMH 93 %. Fußbodenheizungen haben in KMH, MMH und GMH einen Anteil von 2 %, 1 %, respektive 4 % und Öfen 6 %, 3 %, respektive 3 %, wobei Öfen nur noch in Gebäuden mit einem Baujahr vor 1984 vorzufinden sind. Luftheizungen sind in Mehrfamiliengebäuden kaum vorhanden.

*Tabelle 27 – Wärmeübergabesysteme in Mehrfamilienhäusern nach Größenklassen nach (Dengler und Schick Tanz 2012).*

Gebäudetyp	Heizkörper	Fußbodenheizung	Öfen
<b>Kleines Mehrfamilienhaus (KMH)</b>	92 %	2 %	6 %
<b>Mittleres Mehrfamilienhaus (MFH)</b>	96 %	1 %	3 %
<b>Großes Mehrfamilienhaus (GMH)</b>	93 %	4 %	3 %

In den im Gebäudebestand am häufigsten vertretenen Gebäuden MMH 1958-68 und GMH 1969-78 (vgl. Tabelle 1) erfolgt die Wärmeübergabe nach (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schick Tanz 2012) ausschließlich über Heizkörper, in KMH 1958-68 in 96 % der Gebäude (4 % Öfen). Informationen über die entsprechenden Temperaturniveaus der Heizungssysteme, sowie deren Aufbau/ Konfiguration liegen nicht vor.

Die Wärmeverteilung in den Gebäuden (keine Unterscheidung nach Baualtersklassen) ist nach (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schick Tanz 2012) relativ alt. Der Anteil der bis 1979, zwischen 1980 und 2001 und ab 2002 installierten bzw. instandgesetzten Wärmeverteilung ist in Tabelle 28 angegeben.

*Tabelle 28 – Alter der Heizungsverteilung in KMH, MMH und GMH (ohne Unterscheidung der Baualtersklassen) nach Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schick Tanz 2012*

Gebäudetyp	Bis 1979	1980 - 2001	Ab 2002
<b>Kleines Mehrfamilienhaus (KMH)</b>	36%	51%	13%
<b>Mittleres Mehrfamilienhaus (MFH)</b>	34%	52%	14%
<b>Großes Mehrfamilienhaus (GMH)</b>	34%	61%	5%

## 5.2 Alter der Heizungsanlagen

Die jährliche Modernisierungsrate (Erneuerung des Haupt-Wärmeerzeugers) lag laut (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 88) für Mehrfamilienhäuser im Studienzeitraum 2010-2016 bei knapp 3 %, wobei die Heizungen in alten Bundesländern Nord mit etwa 4 % deutlich häufiger als in den neuen Bundesländern mit etwa 2 % modernisiert wurden.

Aus den Daten des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft BDEW (2019) geht hervor, dass über die Hälfte der Heizungsanlagen in MFH veraltet ist und ein enormes Energieeinsparpotenzial birgt. Demnach beträgt das Durchschnittsalter der Heizungen in MFH 20,1 Jahre. Somit sind Heizungsanlagen in MFH im Schnitt deutlich älter als in Ein- und Zweifamilienhäuser mit einem Durchschnittsalter von 15,9 Jahren. Abbildung 18 zeigt den Heizungsanlagenbestand in MFH unterteilt nach Einbaujahr der Anlage. Neuere Anlagen (ab dem Jahr 2000) machen demnach 43 % des Bestands aus, 54 % der Anlagen wurden vor dem Jahr 2000 eingebaut (3 % keine Angabe). (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2019, S. 40)

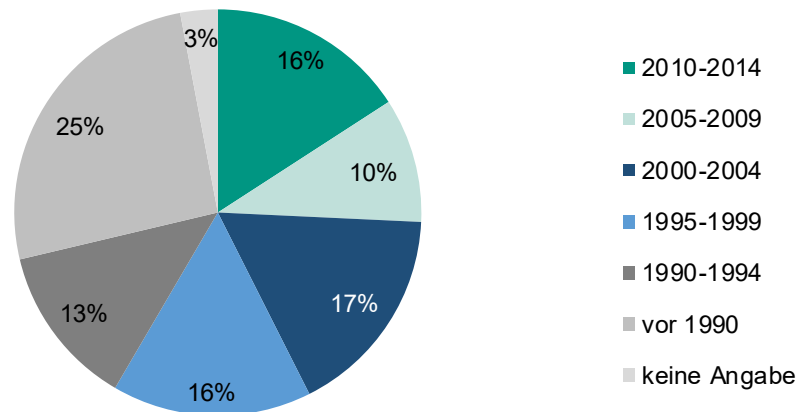


Abbildung 18 – Jahr des Einbaus der Heizungsanlage im Mehrfamilienhausbestand. (Datenbasis: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2019, S. 40)

Der Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks führt jährlich bundesweite Erhebungen zu Anzahl, Alter und Anlagenart von Öl- und Gasfeuerungsanlagen sowie Feststofffeuerungsanlagen durch. Der Bestand von ca. 33 Millionen Feuerungsanlagen ist in Abbildung 19 dargestellt. Von den ca. 5,5 Millionen Ölheizungen (16 %) beruhen lediglich 702.000 Anlagen auf der energieeffizienteren Brennwerttechnik, welche seit ca. 1985 marktreif ist. Bei den knapp 14 Millionen Gasheizungen (42 %) sind Heizwert- und Brennwert-Anlagen etwa zu gleichen Teilen vertreten. Weitere 5 % des Bestands entfallen auf Gas-Warmwasserheizer und Gas-Raumheizer. Feuerungsanlagen mit festen Brennstoffen (hauptsächlich Einzelfeuerungsanlagen) sind mit ca. 12 Millionen (37 %) ebenfalls sehr häufig verbaut. (Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks 2019, S. 4 ff.) Hier ist davon auszugehen, dass ein Großteil in Ein- und Zweifamilienhäusern verbaut ist und dass die Einzelfeuerungsanlagen in Form eines Ofens meist als Zusatzheizung dienen.

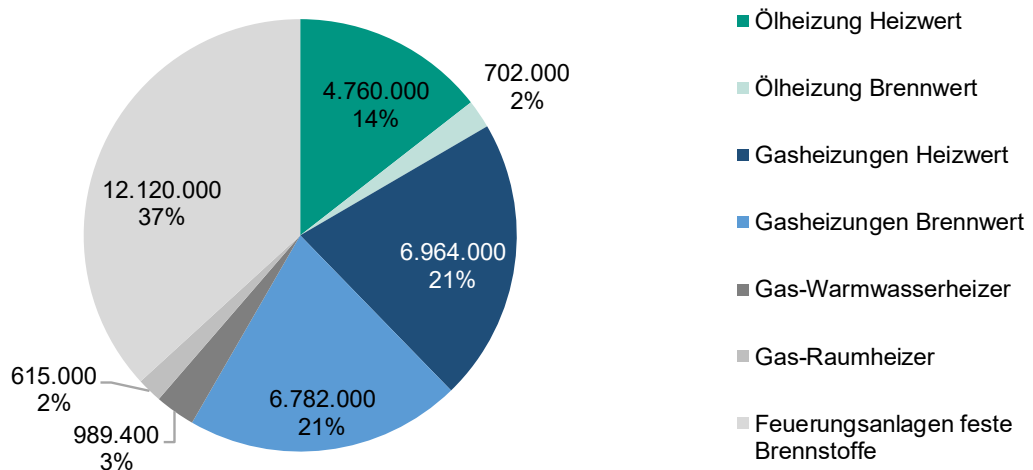


Abbildung 19 – Zusammensetzung des Feuerungsanlagenbestands in Deutschland. (Datenbasis: Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks 2019)

In Tabelle 29 ist das Alter der messpflichtigen Öl- und Gasfeuerungsanlagen nach 1. BImSchV (nur Heizwert-Anlagen) nach Leistungsklassen dargestellt. Hieraus wird ersichtlich, dass hiervon etwa 70 % der Ölheizungsanlagen und 60 % der Gasheizungsanlagen von Ein- und Mehrfamilienhäusern bereits über 20 Jahre alt sind und in den kommenden Jahren erneuert werden sollten. Etwa 20 % der Ölheizungsanlagen und 10 % der Gasheizungsanlagen sind sogar über 30 Jahre alt und müssen



nach der novellierten Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) sofort ausgetauscht werden (Niedertemperatur- und Brennwerttechnik ausgenommen). Die Anlagengröße von 11-25 kW kommt sowohl bei Öl- (54 %) als auch bei Gasfeuerungsanlagen (71 %) am häufigsten vor. (Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks 2019, S. 5 ff.)

*Tabelle 29 – Anzahl der messpflichtigen Öl- und Gasfeuerungsanlagen nach 1. BImSchV (nur Heizwert-Anlagen) in Deutschland. (Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks 2019, S. 7)*

Ölfeuerungsanlagen						
Leistung in kW	Errichtet bis 1979	Errichtet 1980-1989	Errichtet 1990-1999	Errichtet 2000-2009	Errichtet 2010-2019	Summe
4–11	790	5650	14.550	12.510	6.420	<b>39.920</b>
11–25	15.460	280.060	1.359.810	816.820	119.150	<b>2.591.300</b>
25–50	125.510	393.460	857.530	383.900	43.820	<b>1.804.220</b>
50–100	25.510	40.770	72.670	46.000	10.800	<b>195.750</b>
> 100	12.960	21.760	56.750	39.330	11.260	<b>142.060</b>
<b>Summe</b>	<b>180.230</b>	<b>741.700</b>	<b>2.361.310</b>	<b>1.298.560</b>	<b>191.450</b>	<b>4.773.250</b>
Gasfeuerungsanlagen						
Leistung in kW	Errichtet bis 1979	Errichtet 1980-1989	Errichtet 1990-1999	Errichtet 2000-2009	Errichtet 2010-2019	Summe
4–11	4.180	80.290	397.670	177.590	109.370	<b>769.100</b>
11–25	19.110	414.380	2.457.910	1.338.480	739.440	<b>4.969.320</b>
25–50	17.550	110.190	470.240	173.560	60.940	<b>832.480</b>
50–100	5.420	31.300	135.730	56.110	17.590	<b>246.150</b>
> 100	7.270	28.050	106.790	62.100	19.480	<b>223.690</b>
<b>Summe</b>	<b>53.530</b>	<b>664.210</b>	<b>3.568.340</b>	<b>1.807.840</b>	<b>946.820</b>	<b>7.040.740</b>

### 5.3 Beheizungsart der Raumheizung

Die Beheizungsart der Mehrfamilienhäuser nach Cischinsky und Diefenbach (2018) und (Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2019) ist in Abbildung 20 dargestellt. Die Heizwärme in Mehrfamilienhäusern wird nach Cischinsky und Diefenbach (siehe Abbildung 20 links) mit 56,9 % überwiegend zentral bereitgestellt, gefolgt von Fernwärme mit 18,6 %. Die 14,1 % Wohnungs- bzw. Etagenheizung bestehen zu 93,6 % aus Erdgas-Thermen. Hierbei ist der Wechsel auf eine andere Heizungsart oder einen anderen Haupt-Energieträger schwieriger als bei zentralen Anlagen. Bei den zusammengefassten 63 % von Block- und Zentralheizung entfallen 67,1 % auf Erdgas-Heizkessel, 26 % auf Heizöl-Kessel, 3,2 % auf Holz- bzw. Biomasse-Heizkessel, 1,3 % auf Flüssiggas-Heizkessel und 1,1 % auf elektrische Wärmepumpen (0,3 % sonstige).

Die Unterteilung der Beheizungsarten fällt bei der zweiten Quelle (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2019) weniger detailliert aus, da hier Block-, Zentral- und Etagenheizung zusammengefasst sind (siehe Abbildung 20 rechts). Diese Quelle ist aktueller und zeigt einen weiteren Anstieg der Fernwärme mit 24,3 % an.

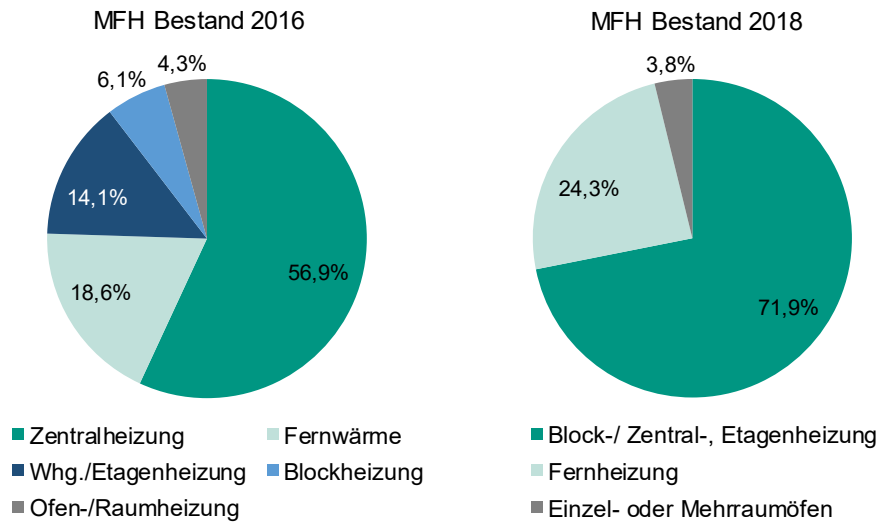


Abbildung 20 – Beheizungsart in Mehrfamilienhäusern. (links: Gebäudebestand 2016 nach Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 82, rechts: Gebäudebestand 2018 nach und Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2019, Tab. 11)

Um eine Darstellung der Beheizungsart nach Größe des MFH und nach Baualtersklassen zu ermöglichen wird auf Daten der TU Wien (Hartner und Forthuber 2017) zurückgegriffen, welche auf der Datenbasis Gebäudebestand aus dem Jahr 2010 (Diefenbach et al. 2010) basieren. Diese beziehen sich wie die bisherige Analyse, wenn nicht anders gekennzeichnet, immer auf Gebäude und nicht auf die Anzahl der Wohnungen.

In Abbildung 21 ist die Beheizungsart in kleinen (KMH), mittleren (MMH) und großen (GMH) Mehrfamilienhäusern dargestellt. Aus den Daten ist ersichtlich, dass je kleiner das MFH ist, desto größer der Anteil eines zentralen Wärmeverteilsystems. Eine Fernwärmeversorgung ist vorwiegend bei mittleren und großen MFH relevant. Blockheizungen spielen mit 2 % bei allen MFH-Typen nur eine untergeordnete Rolle. Auch der Anteil wohnungsweiser Beheizung (Einzel-/Mehrraumöfen) ist mit 4- 9 % über alle MFH sehr gering.

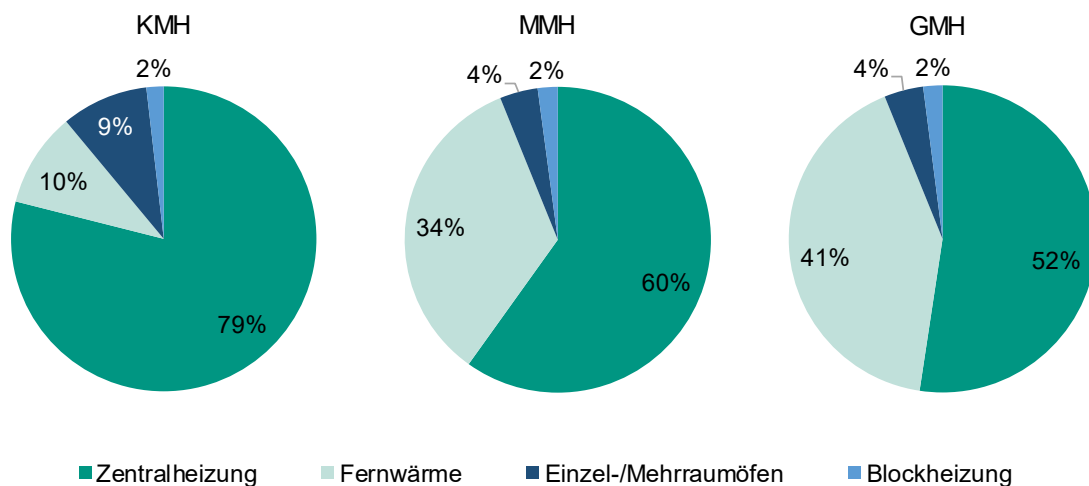


Abbildung 21 – Prozentualer Anteil der Beheizungsarten „Fernwärme“, „Blockheizung“, Zentralheizung“, „Einzel-/Mehrraumöfen“ an den Gebäudetypen KMH, MMH und GMH. (Eigene Darstellung nach Daten der TU Wien (Hartner und Forthuber 2017))

Für die am Gebäudebestand am häufigsten vertretenen MFH (KMH 1958-68, MMH 1958-68 und GMH 1969-78, vgl. farbige Markierung in Tabelle 2) ist die Verteilung der Beheizungsarten in Abbildung 22 gesondert dargestellt. Der Trend ist ähnlich wie in Abbildung 21, in der die verschiedenen Größen über alle Altersklassen dargestellt sind, im Detail gibt es aber deutliche Unterschiede. Insbesondere bei den KMH aus den Baujahren 1958-68 und GMH der Baujahre 1969-78 fällt der Anteil der durch Fernwärme beheizten Gebäude größer aus, als der Durchschnitt über alle Altersklassen. Bei den gesondert betrachteten KMH ist der Anteil von Fernwärme 8 Prozentpunkte und bei den GMH 11 Prozentpunkte höher als im Durchschnitt. Der Anteil der Zentralheizungen ist in allen gesondert betrachteten Gebäudeklassen niedriger. Vor allem bei den GMH mit den Baujahren 1969-78 liegt der Anteil der zentral beheizten Gebäude mit 42 % sehr niedrig (10 Prozentpunkte kleiner als der Durchschnitt). Während im Durchschnitt in KMH, MMH und GMH 2 % der Gebäude durch Blockheizungen beheizt werden, fällt dieser Anteil bei den gesondert betrachteten MMH mehr als doppelt und bei den GMH mehr als dreifach so hoch aus.

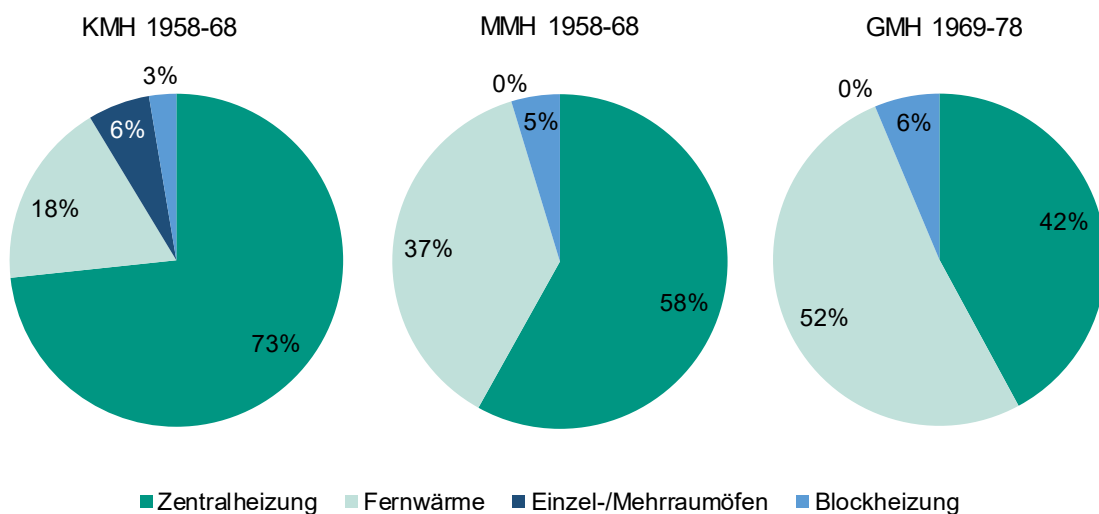


Abbildung 22 – Prozentualer Anteil der Beheizungsarten „Fernwärme“, „Blockheizung“, Zentralheizung“ und „Einzel-/Mehrraumöfen“ an den Gebäudetypen KMH 1958-68, MMH 1958-68 und GMH 1969-78. (Eigene Darstellung nach Daten der TU Wien (Hartner und Forthuber 2017))

In Abbildung 23 ist die prozentuale Verteilung der Beheizungsarten (Fernwärme, Blockheizung, Zentralheizung, wohnungsweise) nach (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schickkanz 2012) zu finden. Vergleicht man Abbildung 21 und Abbildung 23 so stellt man fest, dass große Unterschiede zwischen den jeweiligen Quellen auftreten. So ist die Verbreitung von Zentralheizungen nach (Hartner und Forthuber 2017) in KMH und MMH mit 79 % bzw. 60 % höher als bei GMH mit 51 % wohingegen bei (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schickkanz 2012) der Anteil bei MMH mit 48 % vergleichsweise gering ausfällt im Vergleich zu KMH und GMH mit 66 % bzw. 61 %. Der Trend, dass in größeren Mehrfamilienhäusern Fernwärme häufiger zum Einsatz kommt als in kleineren ist in beiden Quellen ersichtlich. Jedoch ist der Anteil nach (Hartner und Forthuber 2017) etwas höher. Nach (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schickkanz 2012) ist der Anteil der wohnungsweisen Beheizung mit 23 % in KMH und 21 % in MMH im Vergleich zum Anteil nach (Hartner und Forthuber 2017) mit 9 % in KMH und 4 % in MMH (Einzel- und Mehrraumöfen). Hier ist fraglich, ob sich die Definitionen der Kategorisierung „Wohnungsweise“ und „Einzel- und Mehrraumöfen“ unterscheiden.

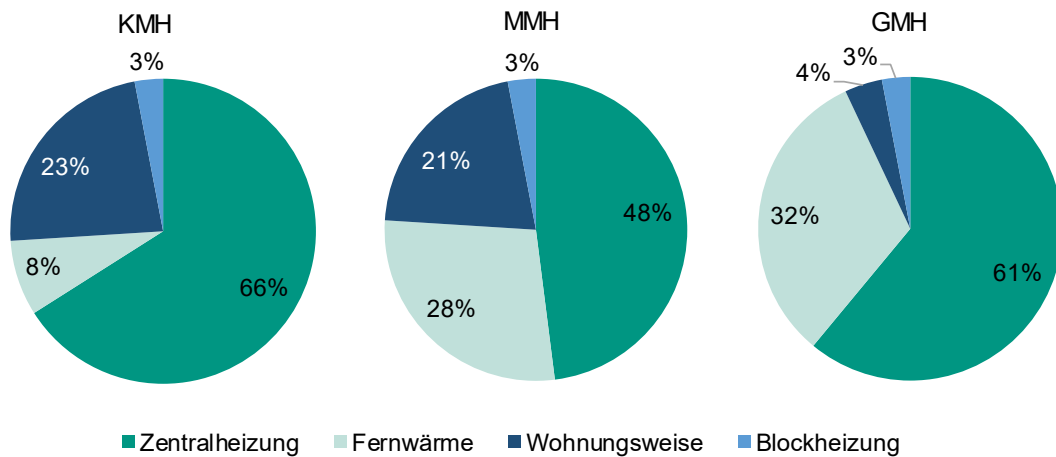


Abbildung 23 – Prozentualer Anteil der Beheizungsarten „Fernwärme“, „Blockheizung“, Zentralheizung“, „wohnungsweise“ an den Gebäudetypen KMH, MMH und GMH. (Eigene Darstellung nach Diefenbach et al. 2010 und Dengler und Schick Tanz 2012)

Vergleicht man die Beheizungsart der Gebäudebeispiele (KMH 1958-68, MMH 1958-68, GMH 1969-78) in Abbildung 24 nach (Diefenbach et al. 2010, Dengler und Schick Tanz 2012) mit selbiger in Abbildung 22 nach (Hartner und Forthuber 2017) gibt es ähnliche Abweichungen. Trotz der Abweichungen ist aus den Daten ersichtlich, dass in über der Hälfte der für dieses Projekt relevanten Gebäuden damit zu rechnen ist, dass ein zentrales Wärmeverteilsystem vorhanden ist. Der Einsatz neuer LowEx-Heizungssysteme ist insbesondere in zentral beheizten Gebäuden vergleichsweise leicht umzusetzen, da die Wärmeverteil- und Übergabesysteme zwar ggf. saniert, aber in der Regel nicht neu eingebaut werden müssen. Auch der Ersatz dezentraler, wohnungswieser Heizungen durch LowEx-Heizsysteme birgt Potenzial. Allerdings besteht die Herausforderung hier in der notwendigen nachträglichen Installation eines Wärmeverteilsystems. Bei Beibehaltung der dezentralen Struktur kann je nach Komponentengröße ebenfalls ein dezentrale Heizwärmeerzeuger z.B. durch eine kleine Wärmepumpe ersetzt werden. Eine weitere Möglichkeit, ein Wärmeverteilsystem nachzurüsten, ist beispielsweise das Verlegen von Leitungen in der Fassaden-Dämmschicht, wie es im Technologieprojekt „Fassadenintegrierte Heizung, Kühlung, Lüftung und Sanitär (FIHLS“) beschrieben und analysiert wird ([lowex-bestand.de](http://lowex-bestand.de)).

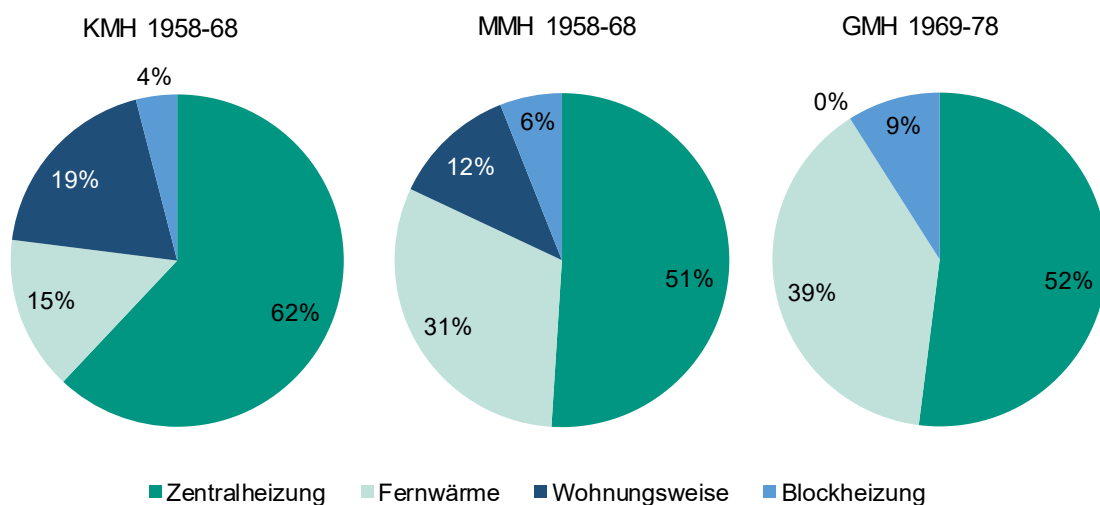


Abbildung 24 – Anteil der Beheizungsarten „Fernwärme“, „Blockheizung“, Zentralheizung“ und „Einzel-/Mehrraumöfen“ an den Gebäudetypen KMH 1958-68, MMH 1958-68 und GMH 1969-78. (Eigene Darstellung nach Diefenbach et al. 2010 und Dengler und Schick Tanz 2012)

## 5.4 Energieträger der Raumheizung

Gemäß der Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 82) ist Gas mit 56,7 % der meist genutzte Energieträger in Mehrfamilienhäusern (vgl. Abbildung 25).

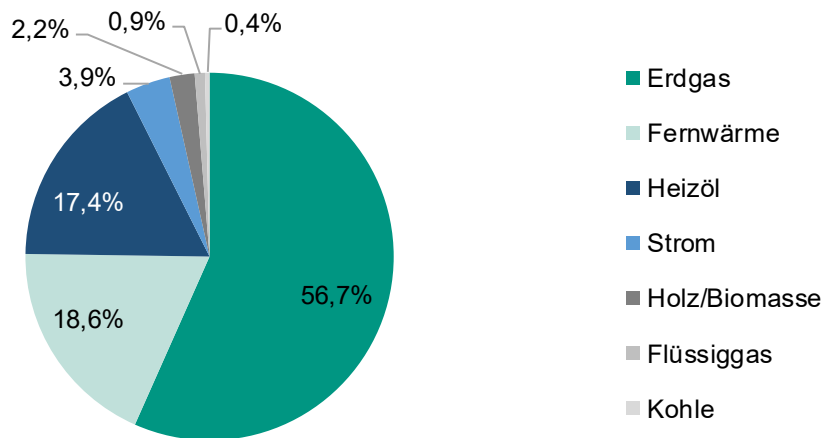


Abbildung 25 – Haupt-Energieträger in Mehrfamilienhäusern. (Datenbasis: Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 82)

Auffallend ist in dieser neuen Studie der relativ hohe Anteil (18,6 %) an MFH, die mit Fernwärme (inkl. Nahwärme) beheizt werden. In der vorherigen Studie lag dieser Anteil noch bei 12,7 % (Diefenbach et al. 2010, S. 84), was einen deutlichen Anstieg in der Verbreitung von Fernwärme anzeigt. Ein möglicher Faktor des signifikanten Anstiegs könnte allerdings auch eine unterschiedliche Zusammensetzung der Stichproben sein. Allgemein wird Fernwärme in MFH mit 18,6 % deutlich häufiger genutzt als in Ein- und Zweifamilienhäusern mit 3,9 %. Heizöl ist mit 17,4 % der dritthäufigste Energieträger in Mehrfamilienhäusern. Die Heizsysteme mit Strom als Haupt-Energieträger setzten sich aus 0,9 % elektrischen Wärmepumpen und 3 % direkt-elektrischen Heizungen (inkl. Nachtspeicheröfen) zusammen. (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 82)

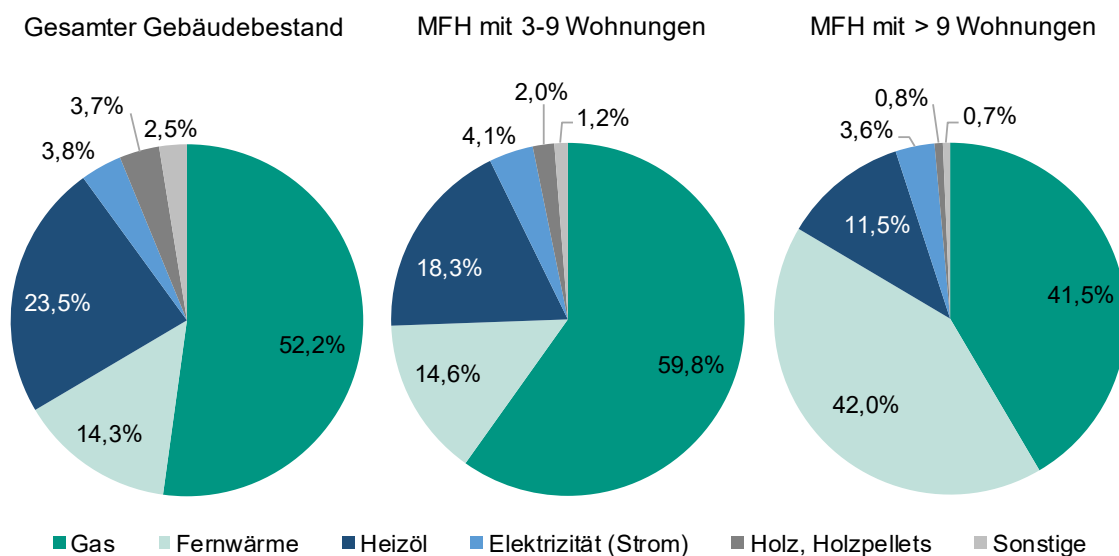


Abbildung 26 – Haupt-Energieträger im Gebäudebestand. (Datenbasis: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2019, Tab. 12)

Ein ähnliches Bild zeigt auch der Datensatz „Wohnen in Deutschland – Zusatzprogramm des Mikrozensus 2018“ (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2019). In Abbildung 26 ist die Verteilung der Energieträger der Beheizung im gesamten Gebäudebestand, in kleineren MFH (3-9 Wohnungen) und größeren MFH (über 9 Wohnungen) dargestellt. Hier wird deutlich, dass vor allem in größeren MFH mit 42 % verstärkt Fernwärme zum Einsatz kommt. Ölheizungen werden in MFH im Vergleich zum gesamten Gebäudebestand weniger eingesetzt. Stromheizungen haben in allen drei Kategorien einen Anteil von etwa 4 %, Holz- und Holzpellettheizungen sind in kleineren MFH mit 2 % und bei größeren MFH mit 0,8 % kaum vertreten. Sonstige Energieträger werden zu etwa 1 % in MFH eingesetzt. Diese umfassen Brikett/Braunkohle, Koks/Steinkohle, Biomasse/Biogas, Umweltwärme bzw. Abluftwärme (für Wärmepumpen) und Sonnenenergie, wobei Umweltwärme bzw. Abluftwärme mit 74 % den größten Anteil hat.

Die Verteilung der Energieträger für die Raumheizung nach BAK ist in Abbildung 27 dargestellt. Es wird deutlich, dass Erdgas in allen BAK der häufigste Energieträger ist. Auffällig ist hier der starke Anstieg sonstiger Energieträger ab 2011, was auf den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen (Nutzung von Umweltwärme bzw. Abluftwärme) vor allem in Ein- und Zweifamilienhäusern zurückzuführen ist. (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2019)

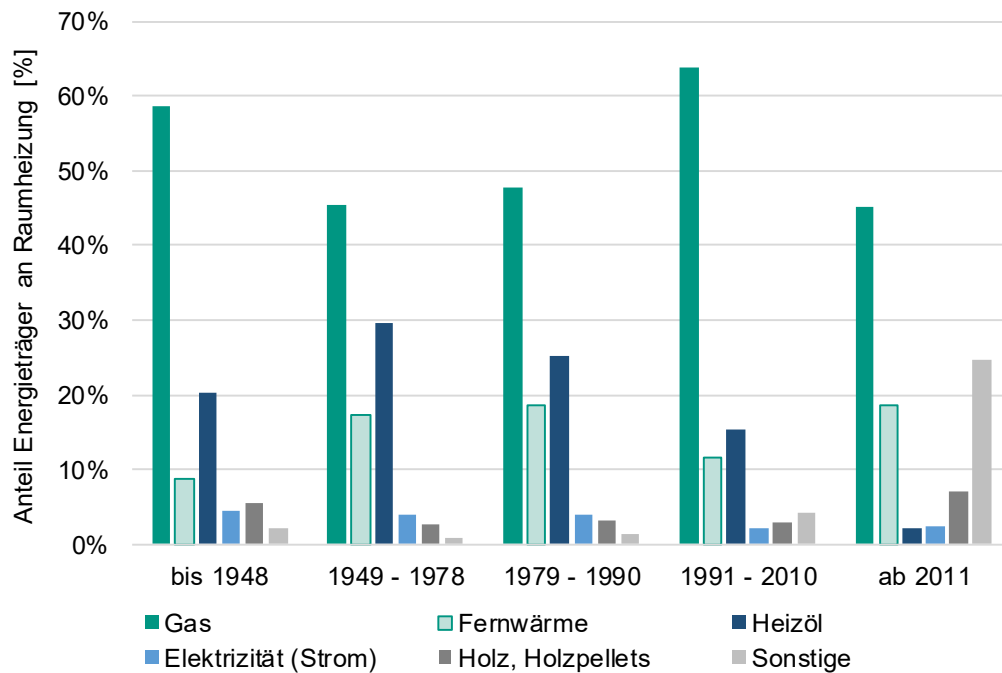


Abbildung 27 – Verteilung der Energieträger für die Raumheizung im Gebäudebestand.  
(Datenbasis: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2019, Tab. 12)

## 5.5 Heiztechnik

Da Mehrfamilienhäuser überwiegend zentral beheizt werden (vgl. Kapitel 5.3), ist in Abbildung 28 die Zusammensetzung der Heiztechnik von Block- und Zentralheizungen nach (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 82) dargestellt.

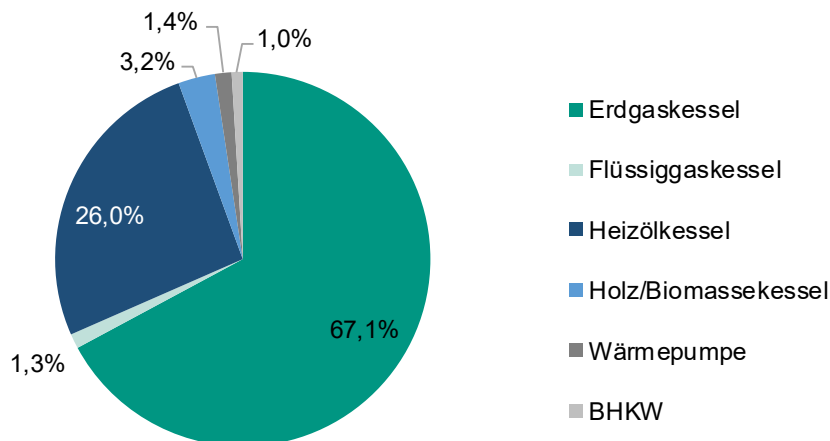


Abbildung 28 – Heiztechnik von Block- und Zentralheizungen in MFH. (Eigene Darstellung nach Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 82)

Wie zu erwarten war, sind Erdgaskessel mit ca. 67 % am häufigsten vertreten, gefolgt von Heizölkessel mit etwa 26 %. Holz/Biomasse-Kessel mit 3,2 %, BHKW mit 1 % und Wärmepumpen mit 1,4 % sind in MFH noch selten.

Die Wärmeerzeugung in KMH erfolgt nach (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schicktanz 2012) zu 71 % in Heizkesseln bzw. Thermen und in 5 % der Fälle mittels Wärmepumpen (24 % machten keine Angabe; entspricht dem Anteil der wohnungsweisen Heizung). Andere Techniken (u.a. BHKW) spielen demnach keine bzw. nur eine untergeordnete Rolle. In MMH und GMH erfolgt die Wärmeerzeugung ausschließlich mittels Kessel bzw. Thermen. Neben dem primären Heizungssystem sind insbesondere in KMH oftmals noch Ergänzungsöfen installiert (KMH gesamt in 25 % der Gebäude; KMH 1958-68 in 19 % der Gebäude (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schicktanz 2012)). In MMH und GMH sind in 8 %, respektive 10 % der Gebäude Ergänzungsöfen installiert.

## 5.6 Trinkwarmwasser

Gemäß (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2019) erfolgt die Warmwasserbereitstellung mit 71,6 % in den meisten Wohnungen kombiniert mit der zentralen Raumwärmebereitstellung. Strom- und Gasdurchlauferhitzer stellen mit 13,7 % und 9,6 % die häufigsten separaten Trinkwarmwasser- (TWW) Systeme dar (siehe Abbildung 29).

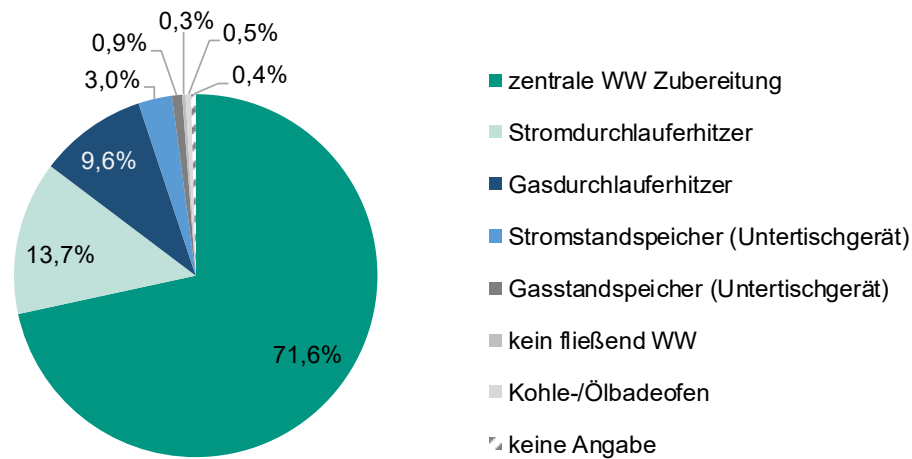


Abbildung 29 – Warmwasserbereitung in Wohnungen nach (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2019).

Eine ähnliche Aufteilung zeigen auch die Daten von (BBSR 2017) und (Diefenbach et al. 2010). Demnach erfolgt in 30 % der MFH eine separate Trinkwarmwasserversorgung. Während die Warmwassererzeugung im Fall eines kombinierten, zentralen Heizsystems fast ausschließlich über einen Heizkessel bzw. eine Therme erfolgt, zeigt sich bei der separaten Warmwassererzeugung ein diverseres Bild (siehe Abbildung 30). Hier dominiert der Elektro-Durchlauferhitzer mit 63 %, gefolgt vom Gas-Durchlauferhitzer mit 17 %.

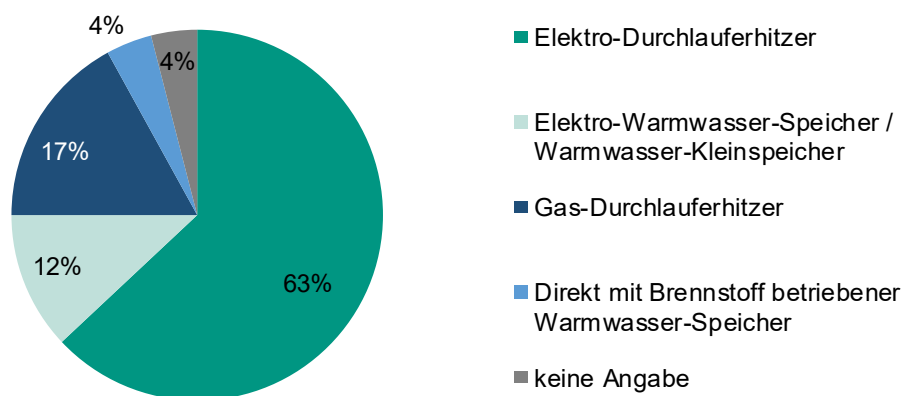


Abbildung 30 – Dezentrale Warmwassererzeugung in Mehrfamilienhäusern nach Erzeugern nach (BBSR 2017) und (Diefenbach et al. 2010).

Nach (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schicktanz 2012) wird in 31 % der KMH, 35 % der MMH und 28 % der GMH das TWW separat bereitgestellt. In den in diesem Projekt detaillierter betrachteten Baualtersklassen ist der Anteil bei den KMH 1958-68 mit 39 % und MMH 1958-68 mit 44 % höher als der Durchschnitt aller Baualtersklassen, bei den GMH 1969-78 hingegen mit 25 % etwas niedriger.



### 5.7 Lüftung

Mechanische Lüftungsanlagen sind bisher in den wenigsten Gebäuden installiert. Nach (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schicktanz 2012) sind lediglich in 1 % der KMH, 2 % der MMH und 14 % der GMH Lüftungsanlagen installiert.

Gemäß (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 94) haben 4,2 % der MFH eine mechanische Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung und 1,2 % mit Wärmerückgewinnung. In Gebäuden mit Baujahr von 1979-2009 (alle Gebäudetypen inklusive Einfamilien- und Reihenhäuser) ist der Anteil der Gebäude mit einer mechanischen Lüftung (mit Wärmerückgewinnung 2,9 %; ohne Wärmerückgewinnung 1,9 %) niedrig. Zentrale und dezentrale mechanische Lüftung gewinnt bei Sanierungen der Gebäudehülle immer mehr an Bedeutung, insbesondere, weil durch eine dichtere Gebäudehülle der Infiltrationsluftwechsel minimiert wird und ein nutzungsunabhängiger Mindestluftwechsel gewährleistet werden muss. Darüber hinaus sind ambitionierte energetische Standards oftmals nur durch die Installation einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erreichbar. Dieser Trend wird verdeutlicht, betrachtet man die Gebäude mit Baujahr ab 2010 (alle Gebäudetypen). Von diesen haben bereits 30,4 % eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, was einer Steigerung um den Faktor 10 entspricht. 5,7 % haben eine mechanische Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 94). Am deutlichsten erkennbar und energetisch vorteilhaft ist jedoch die Steigerung der Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in Neubauten ab 2010.

### 5.8 Erneuerbare Energien an/ auf dem Gebäude

Erneuerbare Energien (insbesondere Photovoltaik- und Solarthermieanlagen) sind in Mehrfamiliengebäuden nach (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schicktanz 2012) noch nicht weit verbreitet. Auf lediglich 4 % der KMH, 1 % der MMH und 2 % der GMH (je alle Baualtersklassen) sind Solaranlagen installiert, bei den MMH und GMH handelt es sich nach (Diefenbach et al. 2010; Dengler und Schicktanz 2012) ausschließlich um Photovoltaikanlagen. Bei den KMH mit einer Solaranlage haben Photovoltaikanlagen einen Anteil von 31 %, Solarthermieanlagen von 63 % und in 6 % der Fälle sind beide Arten installiert. Die in KMH installierten Solarthermieanlagen dienen in 55 % der Fälle der reinen Trinkwarmwasserbereitung und in 45 % der Fälle auch der Heizungsunterstützung.

Nach der Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 92) ist keine Unterscheidung zwischen KMH, MMH und GMH möglich. Jedoch wird für MFH allgemein eine Quote von Solaranlagen von ca. 10 % angegeben, was eine deutliche Steigerung des Solaranlagenaufkommens darstellt. 4,6 % der MFH haben eine Photovoltaikanlage und 6,8 % eine Solarthermieanlage. Daraus geht hervor, dass bei ca. 1,5 % der MFH sowohl eine Photovoltaikanlage als auch eine Solarthermieanlage installiert ist.

Von den Solarthermieanlagen sind ca. 56 % zur reinen Trinkwarmwasserbereitung und ca. 44 % dienen der Heizungsunterstützung und Trinkwarmwasserbereitung (Cischinsky und Diefenbach 2018, S. 92).

## 6 LowEx-Referenzgebäude

Das Projekt „LowEx-Bestand“ soll perspektivisch die Einsatzfähigkeit von Niedrigexergiesystemen in Bezug auf den deutschen Mehrfamilienhausbestand ermitteln. Wesentliche Teile des Projekts sind auf Simulationen angewiesen. Vertreter von KIT, Fraunhofer ISE und INATECH haben sich darauf verständigt, die hohe Anzahl verschiedener Gebäudetypen aus TABULA auf eine geringere Anzahl an LowEx-Gebäudebeispiele zu reduzieren (sog. Referenzgebäude), um den Umfang der Simulationen handhabbar zu halten. Ferner wurde vereinbart, dass für Einzelbetrachtungen (insbesondere im Kontext von Demonstrationsvorhaben) separate Untersuchungen mit höherer Genauigkeit auf Basis der TABULA-Werte erstellt werden.

Nachfolgend soll beschrieben werden, welche Auswahl an Gebäudeparameter auf Basis der in Kapitel 2 bis 5 untersuchten Daten für die weiteren Untersuchungen herangezogen werden sollen, um LowEx-Gebäudebeispiele definieren zu können.

### 6.1 LowEx-Baualtersperioden

Im Rahmen der gemeinsamen Arbeit wurde auf Basis der baugeschichtlichen Entwicklung festgelegt, im Projekt „LowEx-Bestand“ mit vier Baualtersperioden zu arbeiten, um den Bestand zu charakterisieren. Die MFH vor 1958 (BAP 1) wurden wenig standardisiert erbaut und stehen oft unter Denkmal- bzw. Ensembleschutz. Die Gebäude dieser BAP wurden sehr individuell saniert und weisen heute vermutlich sehr unterschiedliche energetische Standards auf. Deshalb wird diese BAP in LowEx-Bestand nicht näher analysiert. MFH der BAP 2 haben einen hohen Anteil am Bestand, wurden standardisiert, aber noch vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung erbaut und sind häufig teilsaniert. Hier ist also mit deutlichen Einsparungen durch LowEx-Maßnahmen (oft in Kombination mit einer Gebäudehüllsanierung) zu rechnen. MFH der BAP 3 und 4 wurden unter Berücksichtigung von Energieeinspar-Vorgaben – Wärmeschutzverordnung (WSchV) bzw. Energieeinsparverordnung (EnEV) – erbaut und sind oft noch unsaniert. Besonders bei BAP 3 liegt der Fokus auf der zeitnah zu erwartenden Sanierung verschiedener Gebäudekomponenten durch das Überschreiten ihrer technischen Lebensdauer. Bei BAP 4 hingegen ist die thermische Gebäudehülle bereits in einem guten Zustand, sodass diese BAP nicht weiter fokussiert wird. Die LowEx-BAP sind in Tabelle 30 unter Bezug auf die TABULA-Baualtersklassen und die Baujahre dargestellt.

*Tabelle 30 – LowEx-Baualtersperioden.*

LowEx-BAP	1	2	3	4
BAK (nach TABULA)	A-D	E-F	G-H	I-J
Baujahre	vor 1958	1958-1978	1979-1994	1995-2009

Betrachtet man die Anzahl an Gebäuden und Wohneinheiten in den einzelnen LowEx-BAP, so stellt man fest, dass die BAP 1 und 2 den Gebäudebestand in Hinblick auf Gebäudeanzahl, Wohnungsanzahl und Gesamtwohnfläche mit einem gemeinsamen Anteil von jeweils ca. 70 % dominieren (vgl. Abbildung 31). Ferner wird ersichtlich, dass die mittlere Wohnungsanzahl pro Gebäude nur moderat zwischen fünf und sechs schwankt. Die Wohnfläche pro Wohneinheit hingegen steigt von BAP 1 (68,7 m<sup>2</sup>) zu BAP 4 (77,3 m<sup>2</sup>) um fast 10 m<sup>2</sup> an.

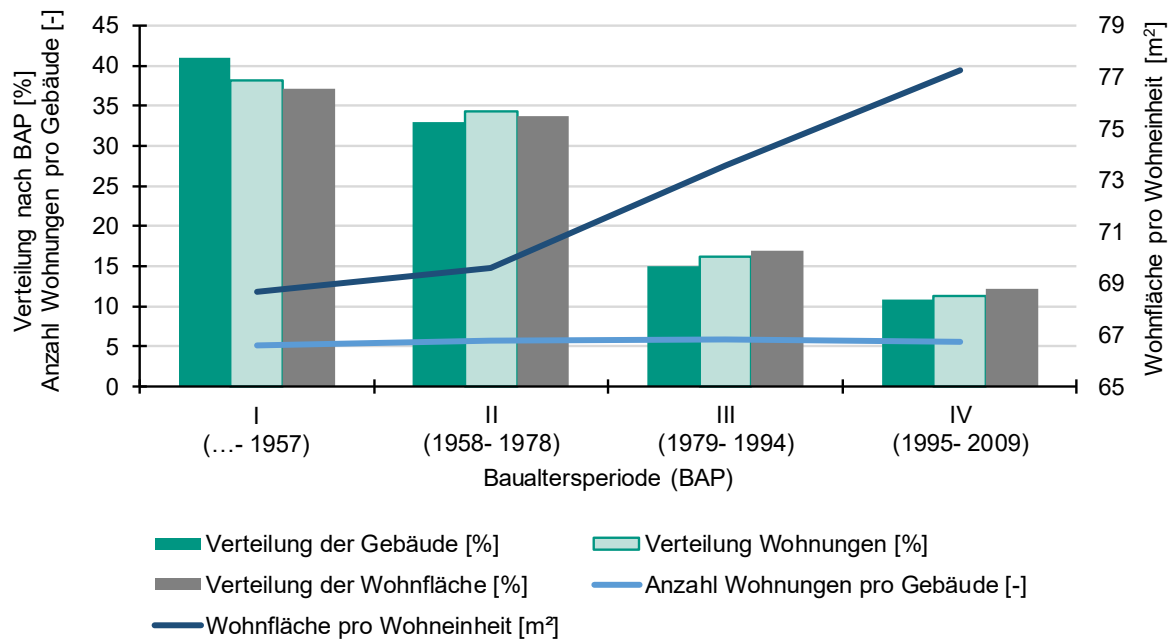


Abbildung 31 – Gebäudebestand nach LowEx-BAP. (Eigene Darstellung nach IWU 2012-2016; Loga et al. 2015)

## 6.2 Geometrische und thermische Gebäudeparameter

Die in der ursprünglichen Fassung des AP 1.1 Berichts (Ebert 2018) beschriebenen LowEx-Gebäudeparameter wurden im Fortgang des Projekts überarbeitet und sind nun im Bericht zu AP 3.1 (Vollmer et al. 2021) dokumentiert.

## 7 Zusammenfassung Gebäudebestandsanalyse

Mehrfamilienhäuser mit drei oder mehr Wohneinheiten machen 54 % (bezogen auf Wohnungen) bzw. 41 % (bezogen auf die Wohnfläche) des gesamten deutschen Gebäudebestands aus. Mit einem Anteil von ungefähr 94 % besitzen die meisten MFH 3 bis 12 Wohneinheiten pro Gebäude. Somit scheint es sinnvoll im Projekt vorrangig Gebäude dieser Größe weiter zu untersuchen. Diese sind zu ähnlichen Anteilen (bezogen auf die Wohnungsanzahl) im Besitz von Privatpersonen, Wohnungseigentümergeinschaften und Wohnungsunternehmen. Die größte Gruppe unter den Mehrfamilienhäusern mit 3 bis 12 Wohneinheiten stellen hierbei mit einem Anteil von ca. 20 % die zwischen 1958 und 1968 (entspricht BAK E) errichteten Gebäude. Sollen auch große Mehrfamilienhäuser mit 13 oder mehr Wohneinheiten betrachtet werden, so stellen die Gebäude aus der Baualtersklasse F (1969-1978) mit ca. 25 % die größte Einzelgruppe des Bestandes.

Bezüglich der städtebaulichen Struktur kann - mit Ausnahme der Baualtersklasse A - keine vorherrschende Form ermittelt werden. Siedlungen wurden ab 1900 sowohl als Blockrand- als auch als Zeilenbebauung ausgeführt, wobei ca. 47 % der MFH freistehend und 53 % in geschlossener Bebauung sind. Somit kann auf dieser Basis auch kein Rückschluss auf eine mögliche Gebäudeorientierung gezogen werden. Im Weiteren wurde versucht durch Analyse der Fensterflächenasrichtung eine Aussage zur typischen Gebäudeorientierung einer BAK abzuleiten, doch auch hier sind nur Tendenzen und keine klare Zuordnung feststellbar.

Abhängig von diversen Stadtbausteinen (nach UrbanReNet auch sog. energetischen Stadtraumtypen) variiert der Bebauungsgrad des Nettobaulandes (Grundstücke ohne öffentliche Erschließung/ Infrastruktur) und die Höhe der Bebauung. Aktuell kann kein Rückschluss auf die Baualtersklassen der einzelnen Stadtraumtypen gezogen werden. In Bezug auf das geothermische und ferner das photovoltaische und solarthermische Potential gilt analog, dass eine Angabe für einzelne Stadtraumtypen im Projekt UrbanReNet zwar gemacht wurde, der Bezug auf das Gebäudebaualter aber nicht öffentlich zugänglich ist.

Die Gebäudeerschließung von Mehrfamilienhäusern mit bis zu 12 Wohneinheiten sind vorrangig als Zwei- und Dreispänner ausgeführt und sind in der Regel zwischen 20 und 24 m lang (Zweispänner) bzw. zwischen 12 und 15 m breit und zwischen 20 und 30 m lang (Dreispänner). Gängige Grundrissanordnungen für Zwei- und Dreispänner wurden ermittelt und dargestellt. Zu beachten ist dabei, dass diesen Grundrissstrukturen immer das Prinzip einer starken Funktionstrennung zugrunde liegt und sie deshalb keine uneingeschränkte Gültigkeit besitzen.

Die Anzahl der Geschosse von Mehrfamilienhäusern nahm über die Jahrhundertwende vom 19. ins 20. Jahrhundert im Mittel um etwa ein Geschoss auf drei bis vier Geschosse zu. Ab den 1960er Jahren erhöhte sich die Obergrenze um ein weiteres Geschoss. Die Geschosshöhe liegt seither zwischen drei und fünf Geschossen. Zu Beginn der Aufzeichnung wurden Mehrfamilienhäuser ausschließlich mit Satteldächern ausgeführt. Bereits in den 20er Jahren kam die Bauform des Flachdachs hinzu. Ab den 1980er Jahren werden zudem vermehrt Pultdächer ausgeführt. Die Gebäude sind über alle Baualtersklassen mehrheitlich unterkellert.

Der Platzbedarf von Treppenhäusern in MFH wurde anhand geltender Bauordnungen und Normen hergeleitet mit dem Ergebnis, dass nicht barrierefreie Treppenhäuser zwischen 22 und 29 m<sup>2</sup> und Treppenhäusern mit Aufzug zwischen 26,5 und 33,5 m<sup>2</sup> Platz benötigen.

Mit zwei Dritteln hat die Mehrheit der Wohneinheiten in Mehrfamiliengebäuden mit mehr als drei Wohneinheiten eine Wohnfläche von 40 bis 79 m<sup>2</sup>. Die meisten der kleinen Wohnungen in dieser Gruppe - mit einer Wohnfläche von 40 bis 49 m<sup>2</sup> - sind Ein- und Zweizimmerwohnungen (zzgl. Küche und Bad). Die 10 m<sup>2</sup> größeren Wohnungen (50 bis 59 m<sup>2</sup>) sind Ein- bis Dreizimmerwohnungen. Die größten Wohnungen des o.g. Bereichs (60 bis 79 m<sup>2</sup>) sind Zwei- bis Dreizimmerwohnungen. Die Wohnungen mit Flächen von 40 bis 69 m<sup>2</sup> werden vorrangig von Singles bewohnt. Die größeren Wohnungen mit einer Wohnfläche bis 79 m<sup>2</sup> werden zumeist von Paaren ohne oder mit Kindern

bewohnt. Typische Raumgrößen für verschiedene Wohnräume sowie Norminnentemperaturen wurden tabellarisch festgehalten.

Die Analyse der thermischen Gebäudehülle zeigt, dass Fenster im MFH-Bestand mit knapp 90 % überwiegend mit Zwei-Scheiben-Verglaung (ca. ein Drittel ohne Wärmeschutzverglasung) verbaut sind. Bei ca. 54 % der MFH ist eine Dämmung der Außenwand vorhanden, ca. 82 % haben ein gedämmtes Dach oder eine gedämmte Obergeschosdecke und bei ca. 37 % ist der Fußboden bzw. die Kellerdecke gedämmt. Die Außenwände von Mehrfamilienhäusern sind zu 65 % aus einschaligem und zu 24 % aus zweischaligem Mauerwerk (8 % Betonfertigteile, Großtafelbauweise und Plattenbau, 3 % sonstige). Bei einem zweischaligen Mauerwerk kann eine einfache, schnelle und kostengünstige Einblasdämmung vorgenommen werden, wohingegen bei einem einschaligen Mauerwerk auf teurere und aufwändigere Wärmedämmverbundsysteme oder Vorhangfassaden zurückgegriffen werden muss.

Über alle BAK wurde für den Bestandszustand, eine konventionelle Sanierung (nach EnEV 2014/16) sowie eine ambitionierte Sanierung (orientiert an Passivhaus-Standard) mittlere U-Werte der Bauteile tabellarisch dargestellt. Anhand der in der deutschen Wohngebäudetypologie angegebenen, von den Baualtersklassen abhängigen Bauteilaufbauten wurden typische Sanierungsdauern für diverse Schichtpakete eines Bauteils ermittelt. Unberücksichtigt bleibt bei diesem überschlägigen Ermittlungsverfahren eine etwaige Änderung des Bauteilaufbaus bei bereits erfolgten Sanierungen.

Bezüglich der Anlagentechnik lässt sich zusammenfassen, dass über die Hälfte der Heizungsanlagen im deutschen MFH-Bestand veraltet ist. Es wird überwiegend mit Gas und zentral beheizt. Wärmepumpen, PV und Solarthermie spielen in MFH bisher noch eine untergeordnete Rolle und bieten somit ein enormes Energieeinsparpotenzial.

Die reusltierenden LowEx-Referenzgebäude sind in dem Bericht zu AP 3.1 (Vollmer et al. 2021) beschrieben.

## 8 Anhang

### 8.1 Quellen- und Datenbasis

Nachfolgend soll ein Überblick über die herangezogenen Datenquellen gegeben werden. Da in Deutschland ein großer Bestand älterer Gebäude vorherrscht, ist es erforderlich, auch ältere Quellen heranzuziehen. Je nach Themengebiet ist es allerdings schwierig, konsistent belastbare Daten zu erschließen. Zum einen wurden in der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland (ehem. Westdeutschland) unterschiedliche Schwerpunkte in der Forschungsförderung gesetzt. Von der Bestandsaufnahme (v.a. geprägt durch Kriegsschäden) über die Grundrissforschung (wieviel Raum braucht der Mensch zum Leben/ Volkswohnung) ist das energieeffiziente/ seniorenrechtliche Bauen und Sanieren in den Mittelpunkt der Betrachtung gerückt. Allerdings häufig ohne die bereits erhobenen (Moment-)Aufnahmen fortzuschreiben. Einen weiteren Bruch in der Datenerhebung stellt die Wiedervereinigung von Ost- und Westdeutschland in der Bundesrepublik dar.

#### 8.1.1 IEE- Projekte: TABULA und EPISCOPE

Die Europäische Union brauchte ein Mittel die Umsetzung der Energiewende in den Mitgliedsstaaten länderübergreifend zu monitoren. Deshalb wurde durch die Europäische Kommission das unter Aufsicht der Executive Agency for Competitiveness and Innovation (EACI) bzw. spätere Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises (EASME) stehende Förderprojekt „Intelligent Energy Europe“ (IEE) gestartet. Aus den Fördermitteln wurde u.a. das Projekt „Typology Approach for Building Stock Energy Assessment“ (TABULA) für den Projektzeitraum von 2009- 2012 finanziert. Im Anschluss wurde das Folgeprojekt „Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks“ (EPISCOPE) für den Zeitraum von 2013 bis 2016 finanziert.

Ziel beider Projekte war es den Gebäudebestand teilnehmender EU- Länder in einem bottom-up-Verfahren zu erfassen und dann auf Länder- bzw. Europaebene Abschätzungen bezüglich der Energieeinsparung/ CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion in Abhängigkeit diverser Sanierungsmaßnahmen vorzunehmen. Im TABULA- Projekt wurde für Deutschland hierzu durch das Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) die „deutsche Wohngebäudetypologie“ (Loga et al. 2015) erarbeitet. Darin wird u.a. die bereits zuvor vom IWU erstellte „Datenbasis Gebäudebestand“ (Diefenbach et al. 2010) ausgewertet und der deutsche Gebäudebestand nach Kriterien, wie Anzahl der Wohneinheiten, Größe und Baualter, typisiert. Im Vergleich zur Datenbasis Gebäudebestand unterscheidet TABULA dabei sehr genau die Gebäudegrößen. Für die Bearbeitung der vorliegenden Studie sind die beiden Mehrfamiliengebäude beschreibenden Kategorien:

- MFH (beschreibt Mehrfamiliengebäude mit einer Größe von 3 bis 12 Wohneinheiten) und
- GMH (beschreibt große Mehrfamiliengebäude mit einer Größe von mehr als 12 Wohneinheiten)

von besonderem Interesse.

In der deutschen Wohngebäudetypologie werden zudem neben dem Istzustand verschiedene Sanierungsszenarien dargestellt. Das Maßnahmenpaket 1 beschreibt hierbei jeweils eine konventionelle Sanierung nach den gegenwärtigen Mindestvorgaben gemäß EnEV 2009/ 14/ 16 für Sanierungen. Dach und Fassade werden hierbei gedämmt, Fenster und Heizsystem (Kessel, Verteilung) getauscht. Zudem wird ein zweites, als „zukunftsweisend“ (in der deutschen Wohngebäudetypologie) oder ambitioniert (in dieser Arbeit) bezeichnetes, Maßnahmenpaket definiert. Dieses bildet in etwa eine Sanierung der thermischen Gebäudehülle auf Passivhausniveau ab. Neben besserer Wärmedämmung wird auch von der Durchführung eines Luftdichtheitstests ausgegangen. Zudem wird die Anlagentechnik weiter verbessert (i.d.R. Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Ergänzung einer thermischen Solaranlage zur Unterstützung der Brauchwassererwärmung; vgl. (Loga et al. 2015, S. 25 und S. 34)).

Bei den jüngsten, die ab dem Jahr 2010 errichteten Gebäude beschreibenden, Baualtersklassen K und L, wurden bereits für den Bestand die Grenzwerte der gültigen EnEV (für BAK K: 2009/ 2014 und für BAK L: 2016) für Neubauten angesetzt. Die konventionelle Sanierung beschreibt dann für die Baualtersklasse K eine Sanierung zur Erreichung des KfW- Effizienzhausstandards 70 und für Gebäude der Baualtersklasse L eine Sanierung gem. KfW- Effizienzhausstandard 55. Die ambitionierte Sanierung geht von einer Sanierung der thermischen Gebäudehülle auf Passivhausniveau aus und verfolgt das Ziel, den Anforderungen an ein Niedrigstenergiehaus (KfW- Effizienzhaus 40) zu entsprechen (vgl. Loga et al. 2015, S. 45 f.).

Im Rahmen der beiden Projekte wurde auf europäischer Ebene auch ein Webtool entwickelt. Unter der Webadresse <http://webtool.building-typology.eu> (IWU 2012-2016) lassen sich die Datensätze der erarbeiteten europäischen Beispielgebäude mit diversen Anlagentypen kombinieren und Energieverbrauchskennwerte errechnen und ausgeben. Die einzelnen Kategorien und Bezeichnungen im englischsprachigen Webtool entsprechen den Pendants in der deutschen Wohngebäudetypologie (z.B.: MFH - MFH, AB - GMH etc.).

### 8.1.2 IWU: Datenbasis Gebäudebestand/ Datenerhebung Wohngebäudebestand

Das Projekt „Datenbasis Gebäudebestand“ (Diefenbach et al. 2010) beschreibt den deutschen Gebäudebestand. Im Rahmen des Projekts wurden durch von Schornsteinfegern durchgeführte Befragungen umfassend Daten aus dem gesamten Bundesgebiet erhoben.

Die Datenabfrage erfolgte für die unterschiedlichen die Gebäudegröße beschreibenden Gruppen der Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) und die Mehrfamilienhäuser (MFH). Als Mehrfamilienhaus zählt hierbei - genau wie bei TABULA - ein Gebäude mit 3 oder mehr Wohneinheiten. Die Unterscheidung MFH - GMH ist somit bei aus dieser Quelle zitierten Daten nicht vorhanden.

Bei dem Projekt „Datenerhebung Wohngebäudebestand“ (Cischinsky und Diefenbach 2018) handelt es sich um die Folgestudie des Projekts „Datenbasis Gebäudebestand“ (Diefenbach et al. 2010). Um die neu erhobenen Daten mit dem vorherigen Projekt vergleichen zu können, wurden die gleichen Daten abgefragt, wie in dem Projekt „Datenbasis Gebäudebestand“. Folglich ist eine Unterscheidung MFH – GMH nicht möglich.

In diesem Projekt wurden die Fragebögen, über zufällig ausgewählte kommunale Grundsteuerstellen, dem Eigentümer übermittelt und dessen Antwort entgegengenommen.

Die Vergleichbarkeit der Datensätze von 2010 und 2018 erlaubten den direkten Vergleich und die Ausarbeitung von Tendenzen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die IWU-Projekte die gesamte Wohninfrastruktur betrachten und nicht wie in diesem Projekt nur die MFH.

### 8.1.3 Auswertung Datenbasis Gebäudebestand nach Dengler und Schicktanz

Grundlage der Daten von Dengler und Schicktanz (2012) sind verschiedene, sehr detaillierte Auswertungen und Abfragen aus der im Rahmen des Projektes „Datenbasis Gebäudebestand – Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand“ (Diefenbach et al. 2010) aufgebauten Gebäudedatenbank (siehe <http://datenbasis.iwu.de>). Bei den Abfragen wurden bis zu fünf Gebäudetypen und 14 Baualtersklassen unterschieden und Merkmale unterschiedlich verschnitten um eine möglichst detaillierte und umfassende Datenbasis für weitere Untersuchung zu erhalten. Bei sehr hochauflösenden Abfragen ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die statistischen Fehler aufgrund niedriger Fallzahlen groß werden können.

### 8.1.4 Forschungsprojekt INVERT/EE- Lab (TU Wien)

Im Rahmen des Projekts INVERT/EE- Lab der TU Wien wurden Gebäudebestandsdaten des IWUs (Diefenbach et al. 2010) mit Gebäudetechnikbestandsdaten verschnitten und modellbasiert für das Jahr 2016 fortgeschrieben.

Die Gebäudebestandsdaten gliedern sich in kleine, mittlere und große Mehrfamilienhäuser (KMH, MMH, GMH), welche wiederum in 11 verschiedene Baualtersklassen (BAK A-K) unterteilt wurden.

Der Heiztechnikdatensatz enthält 18 Heiztechnologien (12 zentrale Wärmebereitstellungssysteme, 6 Einzelsysteme). Die zentralen Heiztechnologien werden zudem in Hochtemperatur- (Auslegungstemperaturniveau im Wärmeverteilsystem von  $\geq 55$  °C bis BAK H) und Niedertemperatursysteme (ab BAK H) unterteilt. Einzelsysteme sind ausschließlich Hochtemperatursysteme. Es wird angenommen, dass sich die Auslegungstemperatur des Heizsystems einer BAK nicht ändert. Ein Wechsel von Hoch- auf Niedertemperatursystem durch umfassende Sanierung ist somit nicht berücksichtigt.

### 8.1.5 Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (ARGE e.V.)

Die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (ARGE e.V./ ARGE-SH) ist ein Verein zur Förderung des Informationsaustausches der am Bau beteiligten. Sie wurde 1946 in Schleswig- Holstein gegründet. Von der ARGE e.V. durchgeführte Forschungsprojekte sind häufig im Norddeutschen Raum angesiedelt. Es werden allerdings auch Gesamtdeutsche Studien durchgeführt. Eine für diese Arbeit wichtige Stütze ist die Untersuchung „Wohnungsbau in Deutschland 2011 - Modernisierung oder Bestandsersatz“ (Walberg et al. 2011).

### 8.1.6 Statistisches Bundesamt, Statistische Landesämter, Mikrozensus 2011

Die statistischen Ämter des Bundes und der Länder erheben fortlaufend Daten, die auch das Wohnen als gesellschaftliches Thema erfassen. Insbesondere im Rahmen des Zensus 2011 wurde zusätzlich zur Registerauswertung eine Gebäude- und Wohnungszählung durchgeführt. Hierfür wurden Eigentümerbefragungen durchgeführt (siehe [www.ergebnisse.zensus2011.de](http://www.ergebnisse.zensus2011.de)).

### 8.1.7 Forschungsprojekt UrbanReNet

UrbanReNet war ein Teilprojekt im Rahmen der EnEff:Stadt-Forschung der Partner Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., Technische Universität Darmstadt und Technische Universität Dresden. Im Projekt UrbanReNet entwickelte die Gruppe der Technische Universität Darmstadt um Prof. Manfred Hegger energetische Betrachtungen auf Quartiers- statt auf Gebäudeebene. Hierzu wurden energetische Stadtraumtypen definiert und mit Energiebedarfen und Energiegewinnen (auf Basis von Potentialabschätzungen) beaufschlagt. Die Gebäudezusammensetzung der Stadtraumtypen basiert dabei auf der Auswertung realer Quartiere.

### 8.1.8 Geoinformationssysteme

Nachdem der Gebäudebestand durch o.g. Projekte des IWU relativ gut gefasst ist, soll - im Einverständnis der Projektpartner - im Rahmen dieser Arbeit versucht werden, Informationen über mögliche Energiequellen im Gebäudekontext zu erlangen. Für die Wärmepumpentechnologie ist dabei insbesondere interessant, wie die Abstände zur Nachbarbebauung sind (Lärmemission von Luftwärmepumpen) und ob Flächen für die Erschließung der Wärmequelle Erdreich (Kollektoren/ Sonden) verfügbar sind. Ebenso von Interesse sind Fassaden und Dachflächen die für PV-, Solar- und Luftkollektoren genutzt werden können. Als potentielle Quellen wurden das Forschungsprojekt UrbanReNet der TU Darmstadt und zwei Geoinformationssysteme identifiziert. Wobei hierbei die Verwendbarkeit von Daten des amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) und des freien Geoinformationssystems Open Street Map (OSM) geprüft werden soll.

#### 8.1.8.1 Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS)

Das amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem ALKIS der Länder der Bundesrepublik Deutschland ist der Nachfolger des automatisierten Liegenschaftsbuchs (ALB) und der automatisierten Liegenschaftskarte (ALK, vgl.: AdV 2015). Im Rahmen der Systemumstellung wurden vom Arbeitskreis Liegenschaftskataster der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der



Bundesrepublik Deutschland (AdV) eine Übersicht über den Grunddatenbestand und weiterführende länderspezifische Inhalte erfasst und tabellarisch aufbereitet.

Nachfolgend ist eine exemplarische Übersicht der Datenverfügbarkeit projektrelevanter Kriterien in den Bundesländern dargestellt (vgl. Tabelle 31).

*Tabelle 31 – Exemplarische Daten in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der 16 Bundesländer, die diese auf bestimmte Art und Weise in ALKIS führen (wollen). (Datenbasis: AdV 2015)*

	wird/ ist eingeführt	Nicht geführt/ benötigt	kommunaler Entscheidung
Flurstücke (aktuell): <b>inkl. amtlicher Fläche</b>	16		
Flurstücke (historisch): <b>inkl. amtlicher Fläche</b>	7	9	
Anschrift: <b>Straße, Hausnummer</b>	11	5	
Anschrift: <b>PLZ, Ort</b>	11	5	
Eigentümerart: <b>Gemeinnützige Bau-, Wohnungs- oder Siedlungsgesellschaft oder -genossenschaft einschließlich Heimstätte</b>	2	14	
Eigentümerart: <b>Privates Wohnungsunternehmen, private Baugesellschaft o.ä.</b>	1	15	
Gebäude: <b>Wohngebäude</b>	15	1	
Gebäude: <b>Wohnhaus</b>	8	8	
Gebäude: <b>gemischt genutztes Gebäude mit Wohnen</b>	7	9	
Gebäude: <b>Geschossfläche</b>	1	14	1
Gebäude: <b>Grundfläche</b>	3	12	1
Gebäude: <b>umbauter Raum</b>	1	14	1
Gebäude: <b>Baujahr</b>	3	12	1
Gebäude: <b>Dachart</b>	3	12	1
Gebäude: <b>Dachform (alle genannten)</b>	4	11	1
<b>grün markierte Daten sind im Grunddatenbestand enthalten</b>			

Es ist deutlich erkennbar, dass sich die Datenlage abhängig vom jeweiligen Thema sehr divergent darstellt, zumeist jedoch schlecht ist. Die Möglichkeit nach Gebäudealter (Baujahr) und -größe (Geschossfläche/ umbauter Raum) zu filtern ist meist nicht möglich. Auch herkömmliche Größenklassen, wie Ein-/ Zweifamilienhaus, Reihenhaus, Mehrfamilienhaus etc. sind nicht oder unzureichend erfasst.

Die Datenbereitstellung erfolgt bei ALKIS über die einzelnen Landesämter für Vermessung. Um einen Querschnitt durch Deutschland zu bekommen, müssen also 16 Ämter angefragt werden. Die Zusammenführung der einzelnen Daten wird aufgrund der gemeinsamen Datenbankstruktur nicht als komplex eingeschätzt. Eine Überprüfung der These mit Testdaten diverser Ämter wurde jedoch nicht durchgeführt.

Bezüglich bei der Abfrage von Daten entstehenden Kosten wurde beim Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden- Württemberg (LGL) eine entsprechende Anfrage gestellt: Bis 500 Flurstücke kostet eine Abfrage (Stand: 07/2017) 1,60 Euro pro Flurstück.

Die Auswertung des ALKIS wird aufgrund der schlechten Datenbasis und den hohen entstehenden Kosten für dieses Projekt (mit dem klaren Fokus auf Mehrfamilienhäusern) nicht weiterverfolgt.

### 8.1.8.2 OpenStreetMap (OSM)

Ein weiteres Geoinformationssystem stellt die seit 2004 existente, unter Open Database License (ODbL) stehende, Kartenbasis OpenStreetMap (OSM) dar. Bereits 2013 wurde die Vollständigkeit des Gebäudedatenbestandes in OSM untersucht (vgl. Kunze et al. 2013, S. 1). Damals wurde festgestellt, dass der zum Zeitpunkt November 2011 in OSM abgebildete Gebäudebestand im Vergleich zu den im amtlichen Liegenschaftskataster (ALK, ATKIS) hinterlegten Daten sehr ungenau ist. Eine eigene stichprobenartige Untersuchung zeigt (Stand: 07/2017), dass in vielen, für den Mehrfamilienhausbau relevanten, innerstädtischen Gebieten eine hohe Übereinstimmung von den in OSM hinterlegten Gebäudegrundrissen und Bing- Luftbildern dargestellt werden kann (vgl. z.B. Abbildung 32). Gleiches gilt für Straßen- und Grundstücksflächen.



*Abbildung 32 – Abgleich von Gebäudeumrissen und Bing- Luftbild (© 2017 Geo Eye®, Intergraph © 2017 Blom, © 2017 Microsoft Corporation) in JOSM- Editor für Gebiet um Kreuzung Johannes-/ Schloßstr. in Stuttgart.*

Entsprechend scheint es - gesetzt dem Fall, dass der Mehrfamilienhausbestand nach Baualter isolierbar ist - möglich, Auswertungen hinsichtlich der Flächen- und somit Quellenverfügbarkeit durchzuführen.

Eine Abfrage des OSM- Wikis<sup>1</sup> zeigt, dass der Schlüssel „building“ (bildet den Grundriss eines Gebäudes ab) nach verschiedenen Werten klassifizierbar ist. Nachfolgende Tabelle bietet eine Übersicht über die projektrelevanten Werte und deren Anwendung.

<sup>1</sup> <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:building>, Stand: 27.07.2017

Tabelle 32 – Auswahl an Werten für den Schlüssel „building“ und die Häufigkeit Ihrer Verwendung (bezogen auf alle Daten, Stand: 27.07.2017). (Datenbasis: OSM- Wiki<sup>1</sup>, Taginfo<sup>1</sup>)

Klasse	Wert	Erläuterung	Nutzung [%]
<b>Andere/ Allgemein</b>	yes	Wert zur Klassifizierung als Gebäude (unabhängig von der Nutzung), wenn keine weiteren Angaben möglich sind	81,29
	residential (Wohngebäude)	Allgemeiner Wert für die Klassifikation vorrangig zum Wohnen genutzter Gebäude	2,93
<b>Wohn- häuser</b>	apartments (Mehrfamilienhaus)	Beinhaltet mehrere Wohneinheiten, häufig mit Geschäftsräumen im EG	0,89
	house (Gebäudeeinheit)	wie EFH, allerdings ein oder mehrseitig an Nachbargebäude angrenzend; Klassifizierung von Doppelhaushälften oder einzelnen Reihenhäusern	9,56
	detached (Einfamilienhaus)	von Gruppe/ Familie genutzt; gemeinsame Nutzungsbereiche, wie z.B. Küche, vorhanden	0,40
	terrace (Reihenhaus)	Erfassung von aneinandergereihten Gebäuden durch eine Randlinie	0,17
	bungalow (Bungalow)	eingeschossiges kleines Einfamilienhaus	0,01

## 8.2 OSM- Daten in CAD- Programme übergeben

Wie in Kapitel OpenStreetMap (OSM) erläutert, ist die Datenlage in OpenStreetMap noch nicht ausreichend, um die projektspezifischen Fragestellungen hinreichend zu klären. Da davon ausgegangen werden kann, dass sie sich zukünftig weiter verbessern wird, soll nachfolgend ein Weg aufgezeigt werden, wie die Datenauswahl, der Datenexport und die Weitergabe in ein CAD- Programm durchgeführt werden kann. Die Reihenfolge der nachfolgenden Programme zeigt einen schlüssigen Weg, der - Stand August 2017 - für eine geometrische Datenauswertung gute Exportergebnisse liefert.

Prinzipiell ist auch der direkte Datenexport aus OSM (direkt oder via Mirror der Datenbank) möglich. Die Wandlung dieser Daten über OSM2Word in CAD- lesbare Formate ignoriert allerdings die unterschiedlichen Bezeichner der Objekte. Das Ergebnis ist, dass Objekte mit unterschiedlichen Tags auf einen Layer gelegt werden, was eine (halb-)automatisierte Weiterverarbeitung der Daten erschwert.

### 8.2.1 Taginfo: Überprüfung der Taghäufigkeit

Für den Datenexport ist es unerlässlich nach einzelnen Tags zu filtern. Um einen Überblick zu erhalten wie häufig ein Tag verwendet wird kann das Webtool „Taginfo“ (<http://taginfo.openstreetmap.org>) genutzt werden. Nach Eingabe eines Schlüssels („Key“) werden unter dem Reiter „Values“ die unterschiedlichen Werte und ihre Verwendung in Anzahl und Prozent ausgegeben (vgl. Abbildung 33).

Eine Übersicht der in OSM verwendeten Schlüssel ist im OSM- Wiki (<http://wiki.openstreetmap.org>) dargestellt.

<sup>1</sup> <https://taginfo.openstreetmap.org/keys/building#values>, Stand: 27.07.2017

**taginfo** Deutsch   
 KEYS · TAGS · RELATIONS · PROJEKTE · REPORTS · ÜBER TAGINFO Daten vom: 2017-08-01 00:58 UTC

**building** Vergleichsliste (0 Einträge) Filter: Kein Filter  
 Bildet den Grundriss eines Gebäudes ab XAPI JOSM Level0 Editor **Overpass turbo**

Übersicht Values Kombinationen Ähnlich Karte Wiki Projekte

**Values für diesen Key**

Seite 1 von 672 JSON 1..21/14103

Value	Anzahl	Wiki	Beschreibung
yes	195 830 764 81.32%	✓	
house	22 987 790 9.55%	✓	Einfamilienhaus
residential	7 055 578 2.93%	✓	Allgemeines Wohngebäude
garage	2 655 173 1.10%	✓	Garage
apartments	2 145 353 0.89%	✓	Mehrfamilienhaus
hut	1 246 257 0.52%	✓	Eine kleine und primitive Hütte.
industrial	1 123 872 0.47%	✓	Fabrikgebäude
detached	980 662 0.41%	✓	Einfamilienhaus
shed	854 996 0.36%	✓	Kleines, einfaches Holzhaus, für Lagerzwecke, Werkstätte oder private Zwecke
roof	824 043 0.34%	✓	Ein Dach, dass mindestens an 2 Seiten offen ist
commercial	573 548 0.24%	✓	Gewerblich genutztes Gebäude
garages	422 245 0.18%	✓	Garagenkomplex
terrace	410 370 0.17%	✓	Abfolge von Reihenhäusern (Reihung)
school	367 207 0.15%	✓	Ein Schulgebäude
retail	305 359 0.13%	✓	Gebäude des Einzelhandels
greenhouse	283 603 0.12%	✓	Gewächshaus
construction	235 496 0.10%	✓	A building under construction
farm_auxiliary	216 049 0.09%	✓	A building on a farm that is not a dwelling.
church	207 745 0.09%	✓	Kirchengebäude
barn	202 794 0.08%	✓	Scheune
warehouse	139 564 0.06%	✓	A commercial building for storage of goods.

→ OpenStreetMap · Data © OSM contributors (ODbL) Datenquellen · Download · API · Hilfe · → Wiki

Abbildung 33 – taginfo- Ergebnis für den Schlüssel „building“. (Stand: 01.08.2017)

### 8.2.2 Overpass Turbo: Konfiguration der Datenabfrage

Um eine Abfrage zu testen und zu sehen, wie viele Objekte innerhalb einer gewählten Fläche tatsächlich einen gewissen Wert tragen, kann das Tool Overpass Turbo (<http://overpass-turbo.eu>) genutzt werden (vgl. Abbildung 34 und Abbildung 35). Besonders hilfreich ist der Abfragewizard, der die Abfragestruktur anhand der eingegebenen Tags selbstständig erstellt.

```

1  /*
2  This has been generated by the overpass-turbo wizard.
3  The original search was:
4  "building"
5  */
6  [out:json][timeout:25];
7  // gather results
8  (
9  // query part for: "building"
10 node["building"] {{{bbox}}};
11 way["building"] {{{bbox}}};
12 relation["building"] {{{bbox}}};
13 );
14 // print results
15 out body;
16 >;
17 out skel qt;
```

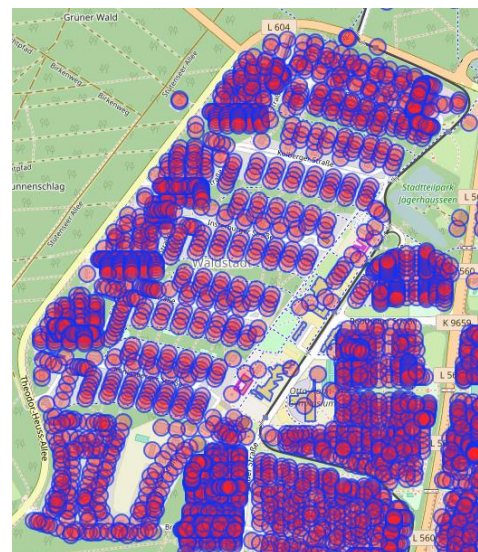


Abbildung 34 – Abfragestruktur und grafisches Abfrageergebnis für alle Gebäude (Key: building) im Gebiet der Karlsruher Waldstadt (Stand: 01.08.2017)



Obiges Beispiel zeigt, dass alle in OSM erfassten Gebäude (was, wenn man die Daten mit einem Luftbild vergleicht, auch allen vorhandenen Gebäuden entspricht) korrekt als Gebäude zugeordnet sind.

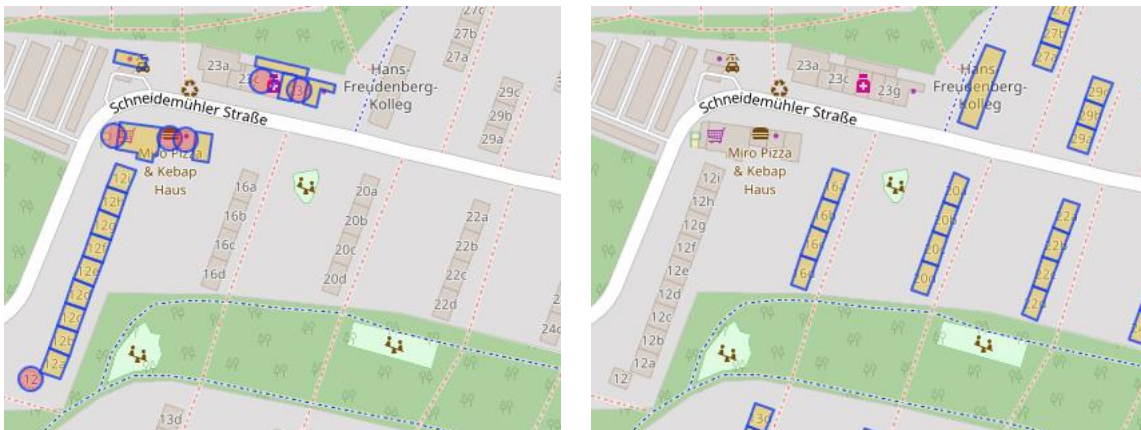


Abbildung 35 – grafisches Abfrageergebnis für Key „building“; links in Kombination mit Value „yes“, rechts in Kombination mit Value „apartments“ (Gebiet: Karlsruhe - Waldstadt) (Stand: 01.08.2017)

In Abbildung 35 wurde ein Gebiet gesucht, in dem offensichtlich nur Mehrfamilienhäuser (apartments) oder Reihenhäuser (terraced) zu sehen sind. Fragt man die Daten ab, stellt man fest, dass nur ein Teil entsprechend (hier als Mehrfamilienhäuser) kategorisiert wurden. Ein Teil der Gebäude (linkes Bild, linke Häuserzeile) wurde nur als Gebäude (building=yes) klassifiziert. Hier ist die Datengüte u.U. nicht ausreichend hoch.

### 8.2.3 JOSM: Datenexport

Wurde mit den oben erläuterten Schritten eine Vorauswahl für die jeweilige Auswertung getroffen und ein ausreichend klassifizierter Bereich gefunden, können mit dem Programm Java- OpenStreetMap-Editor (JOSM<sup>1</sup>) einzelne Datenlayer geladen und anschließend exportiert werden.

Als ersten Schritt müssen Daten aus OSM in JOSM geladen werden. Hierzu wählt man „Mittels Overpass-API herunterladen...“ im Menü „Datei“. Es folgt ein Eingabedialog über den oben eine Suchanfrage erstellt werden kann. Im unteren Bereich des Fensters kann dann grafisch ein Suchbereich (rot markierter Kartenausschnitt) definiert werden (vgl. Abbildung 36).

<sup>1</sup> Download über: <https://josm.openstreetmap.de/>

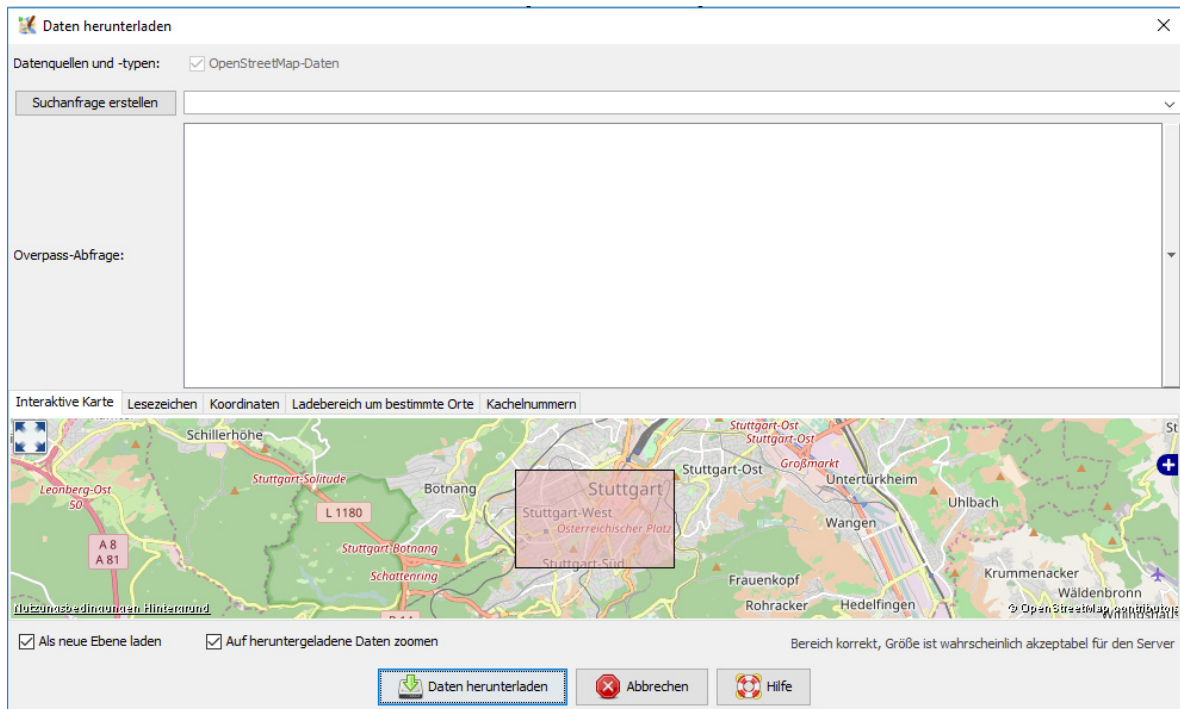


Abbildung 36 – JOSM- Dialog zum Datendownload via Overpass-API mit Kartenausschnitt von Stuttgart (JOSM- Version: 12275).

Wichtig ist, dass man bereits bei diesem Schritt die Daten so granuliert, wie man sie später auf einzelnen Layern benötigt. Möchte man später z.B. alle Gebäude auf einem Layer haben, kann man nach „building=\*“ suchen. Die Entsprechende Suchanfrage lautet dann:

```
[out:xml] [timeout:25] [bbox:{{bbox}}];
(
  node["building"];
  way["building"];
  relation["building"];
);
(._;>);
out meta;
```

Möchte man den Gebäudebestand hingegen feiner granulieren, muss man die entsprechenden Definitionen anstatt des Sternchens ergänzen. Auch eine Kombination von Suchparametern ist hierbei möglich. Hat man die Daten importiert, kann man sie durch einen Rechtsklick auf die jeweilige Ebene als OSM- Datei exportieren (vgl. Abbildung 37). Eine Datei ergibt später dann einen Layer im CAD- System.

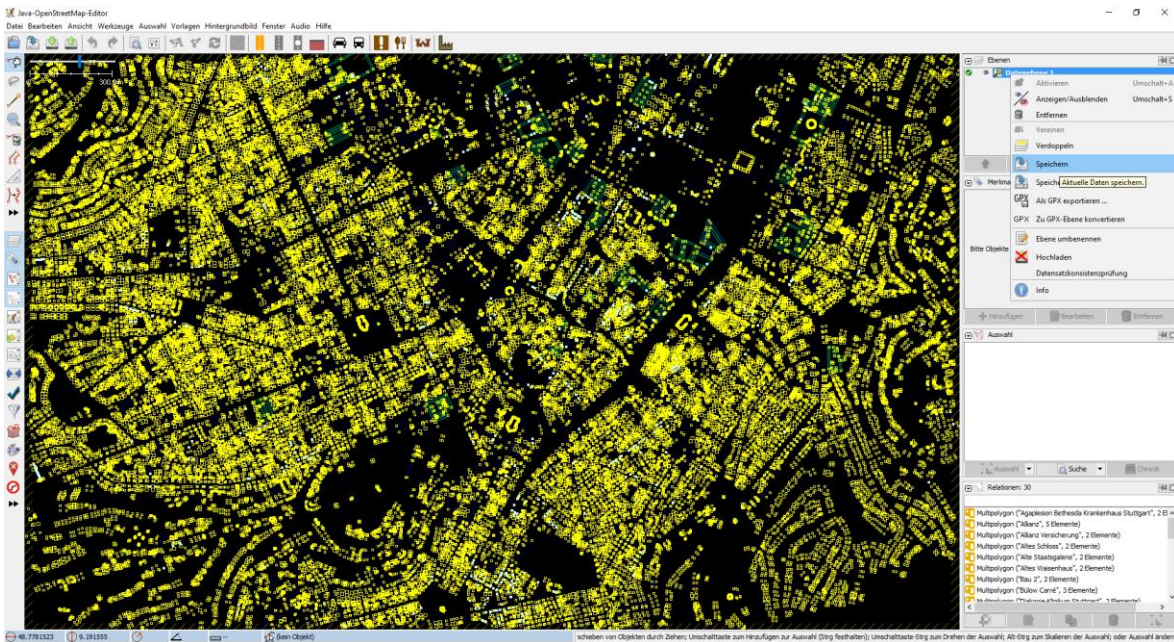


Abbildung 37 – Datenexport aus JOSM, Daten: Gebäude, Gebiet: Stuttgart- West (JOSM- Version: 12275).

#### 8.2.4 OSM2World<sup>1</sup>: Datenwandelung in Object- File (CAD kompatibel)

Die im letzten Schritt exportierte OSM- Datei kann mit dem Programm OSM2World geöffnet und über die Schaltfläche „Export OBJ file“ unter dem Reiter „File“ in eine OBJ- Datei konvertiert werden (vgl. Abbildung 38).

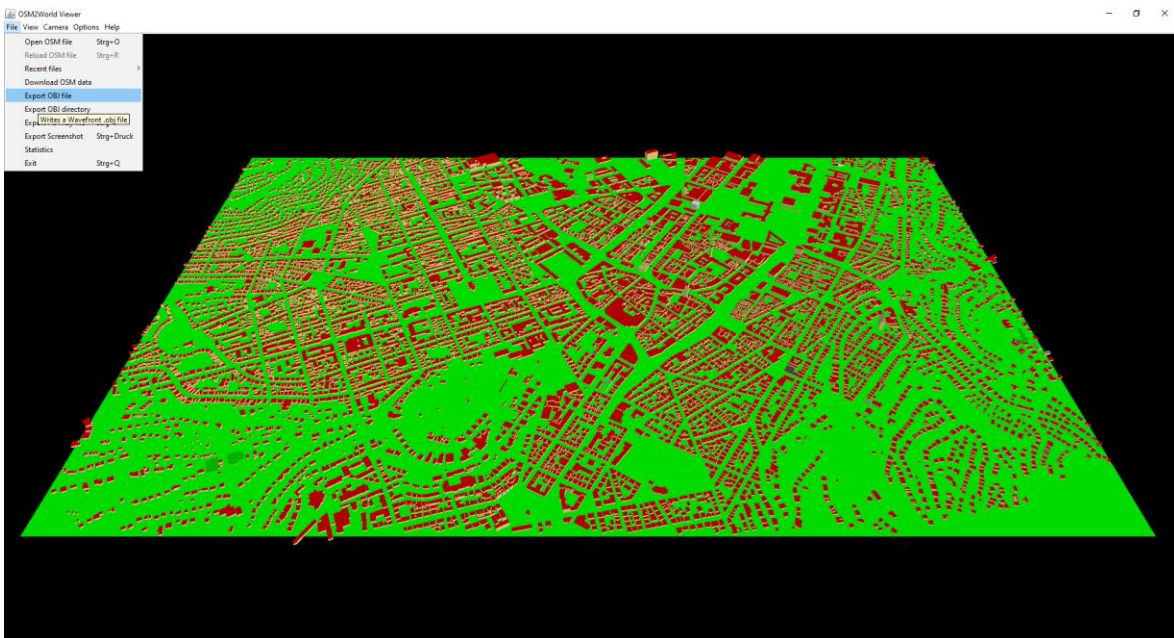


Abbildung 38 – Gebäudedaten von Stuttgart- West aus OSM2World in eine OBJ- Datei exportieren (OSM2World- Version: 0.2.0).

Die so exportierte OBJ- Datei kann in fast jedes CAD- Programm importiert werden. Die Objekte lassen sich dann hinsichtlich Fläche oder Volumen auswerten. Auch Sonnen-/ Verschattungsstudien oder Visualisierungen (vgl. Abbildung 39) sind möglich.

<sup>1</sup> Download über: <http://osm2world.org/download/>



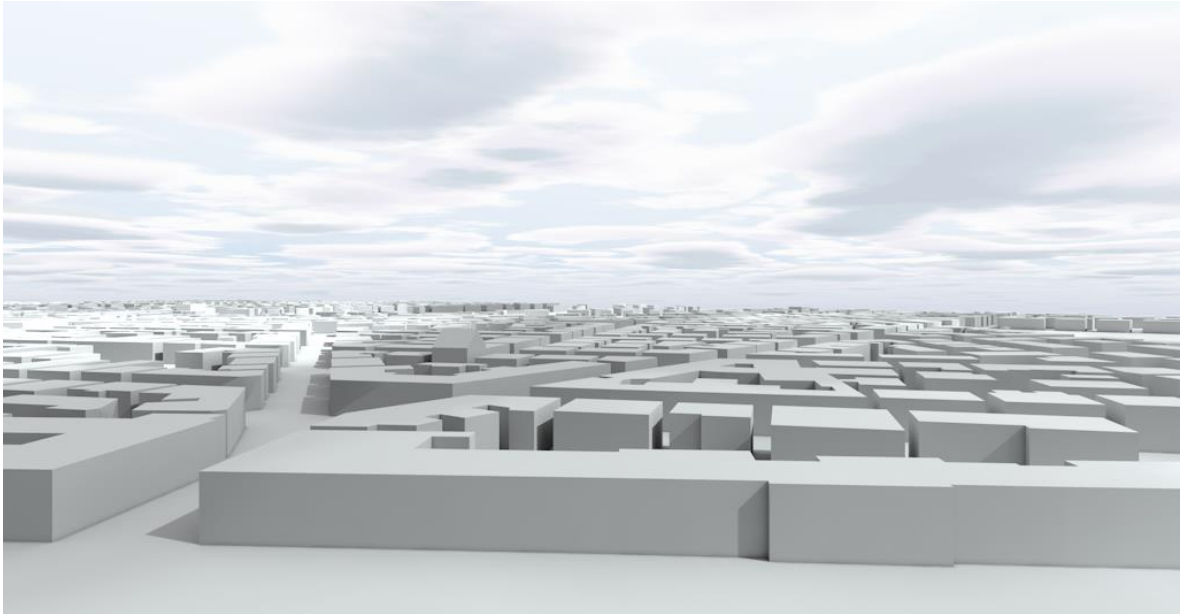


Abbildung 39 – Archicad 20- Rendering eines Ausschnittes der Gebäude in Stuttgart- West.

Am hier gezeigten Beispiel wird allerdings die aktuell noch sehr geringe Detailtreue der Daten deutlich: Die Gebäudehöhen wurden wenig differenziert bis völlig gleich hinterlegt. Auch die Dachformen wurden häufig noch nicht eingegeben (in der von Satteldächern dominierten Gegend ist genau eines erkennbar).

## 8.3 Umgang mit Reihenhauszeilen

Im Rahmen der Projektarbeit wurde häufiger überlegt, inwiefern eine aus mehreren Reihenhäusern bestehende Gebäudezeile als ein Mehrfamilienhausäquivalent betrachtet werden kann. Das dies bei Gebäudehüllfläche und Volumen gut funktionieren kann erscheint plausibel. Allerdings gibt es auch Parameter, wie zum Beispiel die Erschließungsfläche, wo auf den ersten Blick Unterschiede zu erwarten sind. Nachfolgend sollen exemplarisch Parameter ausgewertet werden und auf Basis dieser eine Bewertung abgegeben werden.

### 8.3.1 Vergleich von Wohnungsanzahl und -größen

Nachfolgend wird das Verhältnis von Mehrfamilienhäusern zu Reihenhäusern bezüglich der Wohnungszahl und bezüglich der mittleren Wohnungsgröße ermittelt (siehe Tabelle 33).

Geht man davon aus, dass das Mehrfamilienhaus der Baualtersklasse E (1958- 68) vier Treppenhäuser (TRH) hat und deshalb als vier eigenständige Gebäude gewertet werden kann, so stellt man fest, dass ein Reihenhaus im Mittel verzehnfacht werden müsste, um die Wohnungszahl eines Mehrfamilienhauses zu erreichen.

Die Untersuchung der Wohnfläche der Reihen- und Mehrfamilienhäuser ergibt hingegen, dass die Wohnungen in Reihenhäusern um etwa den Faktor 1,7 größer sind als in den Mehrfamilienhäusern. Zu einem kleinen Teil hat hier mit Sicherheit die Lage des Treppenhauses einen Einfluss: In Mehrfamilienhäusern zählt dieses, im Gegensatz zu den Reihenhäusern, nicht zur Wohnfläche. Dies rechtfertigt allerdings nicht die große Abweichung.

Verbindet man die beiden Faktoren Wohnungsanzahl und Wohnfläche, multipliziert also das Vielfache der Wohnungsanzahl mit der prozentualen Abweichung der Wohnungsgröße (vgl. Spalte „Faktor kombiniert“), so ergibt sich im Mittel ein Faktor von etwa 6,2 von Reihen- zu Mehrfamilienhaus.



Tabelle 33 – Vergleich von Reihenhaus und Mehrfamilienhaus nach Wohnungsanzahl und mittlerer Wohnungsgröße (Datenbasis: IWU 2012-2016 und Drewer 2013)

BAK	Wohnungsanzahl pro TRH			mittlere Wohnungsgröße pro TRH (Basis: konditionierte Wohnfläche)			Faktor kombiniert
	RH	MFH	MFH/RH*	RH [m <sup>2</sup> ]	MFH [m <sup>2</sup> ]	MFH/RH* [%]	MFH/RH*
A (...- 1859)	-	5	-	-	123,18	-	
B (1860- 1918)	1	4	4	87,24	71,00	80	3
C (1919- 1948)	1	2	2	102,50	175,00	171	3
D (1949- 1957)	1	9	9	136,00	63,87	50	5
E (1958- 1968)	1	8	8	106,70	88,89	83	7
F (1969- 1978)	1	8	8	96,64	53,25	55	4
G (1979- 1983)	1	9	9	98,43	66,06	67	6
H (1984- 1994)	1	10	10	116,00	70,74	61	6
I (1995- 2001)	1	12	12	135,30	63,25	47	6
J (2002- 2009)	1	19	19	138,10	104,79	76	14
K (2010- 2015)	1	17	17	167,50	71,71	43	7
L (2016- ...)	1	17	17	167,50	71,71	43	7
* Angaben gerundet							

### 8.3.2 Vergleich von Gebäudeflächen und Volumina

Nachdem in vorangegangenem Kapitel die Wohnungsebene betrachtet wurde, soll in diesem Kapitel ein Vergleich hinsichtlich der Gebäudemasse von Reihenhaus und Mehrfamilienhaus erfolgen (siehe Tabelle 34).

Betrachtet man die Energiebezugsfläche der Beispielgebäude aus TABULA, so ergibt sich im Mittel, dass 5,5 Reihenhäuser die Energiebezugsfläche eines Mehrfamilienhausäquivalents haben.

Bezüglich des Bruttogebäudevolumens und der Hüllfläche ergibt sich ebenfalls ein Vielfaches von im Mittel 5,5.

*Tabelle 34 – Vergleich von Reihenhaus und Mehrfamilienhaus nach Energiebezugsfläche, konditioniertem Bruttogebäudevolumen und wärmeübertragender Umfassungsfläche (Datenbasis: IWU 2012-2016)*

BAK	Energiebezugsfläche pro TRH			kond. Bruttovolumen pro TRH			Hüllfläche		
	RH [m <sup>2</sup> ]	MFH [m <sup>2</sup> ]	MFH/RH*	RH* [m <sup>3</sup> ]	MFH* [m <sup>3</sup> ]	MFH/RH*	RH* [m <sup>2</sup> ]	MFH* [m <sup>2</sup> ]	MFH/RH*
<b>A (...- 1859)</b>	-	677,5	-	-	2.488	-	-	1.316	-
<b>B (1860- 1918)</b>	96,0	312,4	3	390	1.360	3	215	408	2
<b>C (1919- 1948)</b>	112,8	385,0	3	423	1.171	3	188	745	4
<b>D (1949- 1957)</b>	149,6	632,3	4	469	1.919	4	346	1.273	4
<b>E (1958- 1968)</b>	117,4	782,3	7	374	2.599	7	148	1.123	8
<b>F (1969- 1978)</b>	106,3	468,6	4	335	1.435	4	201	853	4
<b>G (1979- 1983)</b>	108,3	654,0	6	409	2.040	5	247	1.045	4
<b>H (1984- 1994)</b>	127,6	778,1	6	421	2.413	6	193	1.437	7
<b>I (1995- 2001)</b>	148,8	834,9	6	495	2.972	6	213	1.428	7
<b>J (2002- 2009)</b>	151,9	2.190,1	7	483	3.844	8	341	3.208	9
<b>K (2010- 2015)</b>	195,8	1.305,0	7	747	5.371	7	381	2.127	6
<b>L (2016- ...)</b>	195,8	1.305,0	7	747	5.371	7	381	2.127	6
* Angaben gerundet									

### 8.3.3 Vergleich flächenspezifischer Energiekennzahlen

Als weiterer Schritt werden nachfolgend die flächenbezogenen Nutzwärmebedarfe für Heizen verglichen. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Vergleichen wird hier kein Vielfaches ermittelt. Vielmehr wird die Abweichung ausgewiesen. Sollte tatsächlich ein Reihenhausverbund als Mehrfamilienhausäquivalent betrachtet werden können, sollten die Abweichungen über alle Baualtersklassen ähnliche Differenzen aufweisen. Betrachtet man Tabelle 35, so stellt man fest, dass dies keineswegs so ist. Insofern scheint die Konstruktion Unterschiede aufzuweisen, die durch gleichmäßiges Addieren von Reihenhäusern nicht ausgeglichen werden kann. Eine pauschale Abschätzung über den Gebäudebestand scheint somit nicht möglich. Gegebenenfalls ist eine genauere Überprüfung und Feststellung der Gleichwertigkeit der Konstruktion im Einzelfall erforderlich.

Tabelle 35 – Vergleich der Nutzwärmebedarfe für Heizen nach Sanierungsstand und Baualtersklasse, Datenbasis: IWU 2012-2016 und Drewer 2013 Drewer, A./Paschko, H./Paschko, K./Patschke, M.É

BAK	Nutzwärmebedarf Bestand [kWh/(m <sup>2</sup> a)]			Nutzwärmebedarf konventionelle Sanierung [kWh]			Nutzwärmebedarf ambitionierte Sanierung [kWh]		
	RH	MFH	Abweichung	RH	MFH	Abweichung	RH	MFH	Abweichung
A (...-1859)	-	296,42	-	-	105,20	-	-	50,46	-
B (1860-1918)	207,43	178,87	28,56	98,52	82,77	15,75	53,76	42,08	11,68
C (1919-1948)	162,40	227,43	65,03	70,98	85,14	14,16	44,49	49,58	5,09
D (1949-1957)	201,21	201,14	0,07	84,34	81,30	3,04	53,80	50,03	3,77
E (1958-1968)	111,37	145,88	34,51	61,98	67,30	5,32	38,30	42,00	3,70
F (1969-1978)	142,43	153,27	10,84	74,69	75,03	0,34	48,16	46,81	1,35
G (1979-1983)	143,27	127,13	16,14	90,44	68,84	21,60	54,01	43,44	10,57
H (1984-1994)	98,83	132,80	33,97	72,77	73,42	0,65	42,95	45,83	2,88
I (1995-2001)	81,02	95,82	14,80	69,16	67,77	1,39	40,53	46,02	5,49
J (2002-2009)	71,00	57,44	13,56	68,31	52,31	16,00	52,94	43,11	9,83
K (2010-2015)	69,85	74,98	5,13	57,18	45,91	11,27	34,82	36,20	1,38
L (2016-...)	58,62	73,72	15,10	51,52	50,48	1,04	34,83	36,19	1,36
* Angaben gerundet									

### 8.3.4 Vergleich von Erschließungsflächen

Betrachtet man die Erschließung in Reihenhäusern, so gibt es zwei gängige Erschließungsarten (vgl. Abbildung 40). Zumeist liegt im Reihnhaus der Fokus auf einer platzsparenden Erschließung. Somit werden Treppen häufig ohne Zwischenpodeste ausgeführt und die Hauptpodeste mit Flurnutzungen überlagert. Vereinfachend kann also davon ausgegangen werden, dass die Treppenfläche der Treppenauffläche einer Treppe mit einseitigem Handlauf aus Kapitel 3.7 entspricht.

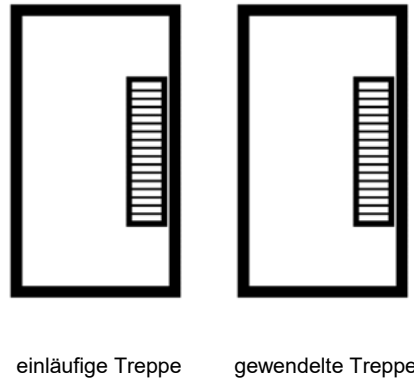


Abbildung 40 – typische Erschließungsformen in Reihenhäusern

Geht man bei einer Geschosshöhe von 2,80 m von einer minimalen Treppenfläche von 17 m<sup>2</sup> pro Geschoss im Reihenhaus aus, so werden pro Wohnung mit nur zwei Geschossen bereits 34 m<sup>2</sup> durch die vertikale Erschließung verbraucht.

Das Treppenhaus im Mehrfamilienhaus benötigt mindestens etwa 22 m<sup>2</sup> pro Geschoss. Allerdings werden dadurch im Mittel zwei bis drei Wohnungen pro Etage erschlossen. Geht man nur von zwei Wohnungen pro Geschoss aus (Zweispänner), so beträgt die mittlere Treppenhausfläche pro Wohnung nur etwa 11 m<sup>2</sup>. (Bei drei Wohnungen (Dreispänner) wären es sogar nur 7,33 m<sup>2</sup>.)

Man kann also vereinfachend sagen, dass die Treppenhausfläche in einem aus Reihenhäusern gebildeten Mehrfamilienhausäquivalent etwa um den Faktor drei höher liegt, als in einem vergleichbaren Mehrfamilienhaus. Ferner ist eine gänzlich unterschiedliche Konditionierung dieser Fläche zu erwarten (Reihenhaus: beheizt, Mehrfamilienhaus: unbeheizt/ niedrig beheizt).

### 8.3.5 Fazit

Die vorangegangene Untersuchung zeigt, dass die Annahme einer Reihenhauszeile als Mehrfamilienhausäquivalent nicht ohne Weiteres vorgenommen werden kann. Insbesondere die Wohnungs- und Erschließungsflächen sowie die Energiebedarfe unterscheiden sich zwischen Reihenhaus und Mehrfamilienhaus deutlich.

Von einer pauschalen Subsummierung wird deshalb abgeraten. In Einzelfällen (kleine Wohnungsgrößen, MFH-ähnliche Konstruktionen, Nutzung von Flächen unter den Treppen zu Wohnzwecken etc.) kann die Bewertung allerdings anders ausfallen. Eine detaillierte Untersuchung ist jedoch in jedem Fall erforderlich. Als generell für eine weitere Untersuchung geeignet erscheinen aus fünf bis sieben Häusern bestehende Reihenhauszeilen.

## 8.4 Ergänzendes Material

### 8.4.1 Gebäudeorientierung

Die Orientierung der Gebäude wird in TABULA nicht angegeben. Allerdings lässt sich über den Fensterflächenanteil ableiten: Ist die Fensterfläche in West- und Ostfassade größer als in Nord- und Südfassade, so ist das Gebäude höchstwahrscheinlich in West-Ost-Richtung orientiert. Umgekehrt gilt für größere Fensterfläche in Nord- und Südfassade im Vergleich zur Ost- und Westfassade, dass das Gebäude wahrscheinlich in Nord-Süd-Richtung orientiert ist (vgl. Kapitel 3.2).

Betrachtet man die zugehörigen Beispielgebäude des IWU (IWU 2016), so stellt man fest, dass die Orientierung der Gebäude dort in zwei von sieben Fällen (BAK E-F) von den generischen Typgebäuden abweicht und für einige BAKs nicht vorhanden ist (vgl. Tabelle 36).

Tabelle 36 – abgeleitete Gebäudeorientierung nach TABULA (generische Typgebäude) und IWU-Beispielgebäuden. (Datenbasis: IWU 2012-2016 und IWU 2016) – Teil 1

	Nach TABULA		IWU- Beispielgebäude	
	Gebäudeausrichtung	Verteilung der Fensterflächen nach Orientierung	Gebäudeausrichtung	Verteilung der Fensterflächen nach Orientierung
<b>BAK A</b>	ungerichtet	<p>N 18% S 34% W 24% O 24%</p>	-	-
<b>BAK B</b>	W-O	<p>N 2% S 0% W 49% O 49%</p>	W-O	<p>N 0% S 9% W 46% O 45%</p>
<b>BAK C</b>	N-S	<p>N 26% S 47% W 13% O 13%</p>	-	-
<b>BAK D</b>	W-O	<p>N 4% S 4% W 46% O 46%</p>	W-O	<p>N 0% S 34% W 36% O 29%</p>
<b>BAK E</b>	N-S	<p>N 43% S 48% W 4% O 4%</p>	W-O	<p>N 0% S 32% W 32% O 36%</p>

Tabelle 36 – abgeleitete Gebäudeorientierung nach TABULA (generische Typgebäude) und IWU-Beispielgebäuden. (Datenbasis: IWU 2012-2016 und IWU 2016) – Teil 2

	Nach TABULA		IWU- Beispielgebäude	
	Gebäude- ausrichtung	Verteilung der Fensterflächen nach Orientierung	Gebäude- ausrichtung	Verteilung der Fensterflächen nach Orientierung
<b>BAK F</b>	W-O	<p>N 0%</p> <p>W 50%</p> <p>O 50%</p> <p>S 0%</p>	N-S	<p>N 30%</p> <p>W 0%</p> <p>O 0%</p> <p>S 70%</p>
<b>BAK G</b>	W-O	<p>N 3%</p> <p>W 47%</p> <p>O 47%</p> <p>S 3%</p>	W-O	<p>N 16%</p> <p>W 35%</p> <p>O 28%</p> <p>S 22%</p>
<b>BAK H</b>	N-S	<p>N 34%</p> <p>W 7%</p> <p>O 7%</p> <p>S 52%</p>	N-S	<p>N 26%</p> <p>W 26%</p> <p>O 0%</p> <p>S 48%</p>
<b>BAK I</b>	N-S	<p>N 25%</p> <p>W 14%</p> <p>O 14%</p> <p>S 48%</p>	N-S	<p>N 26%</p> <p>W 26%</p> <p>O 0%</p> <p>S 48%</p>
<b>BAK J</b>	ungerichtet	<p>N 14%</p> <p>W 25%</p> <p>O 26%</p> <p>S 35%</p>	-	

Tabelle 36 – abgeleitete Gebäudeorientierung nach TABULA (generische Typgebäude) und IWU-Beispielgebäuden. (Datenbasis: IWU 2012-2016 und IWU 2016) – Teil 3

	Nach TABULA		IWU- Beispielgebäude	
	Gebäudeausrichtung	Verteilung der Fensterflächen nach Orientierung	Gebäudeausrichtung	Verteilung der Fensterflächen nach Orientierung
<b>BAK K</b>	W-O	<p>Detailed description: A radar chart with four axes representing cardinal directions: North (N), South (S), East (E), and West (W). The axes are labeled with percentages: N 0%, S 8%, O 25%, and W 67%. The chart features three concentric diamond-shaped grid lines representing 40%, 60%, and 80% cumulative window area. A blue line connects the data points for each direction, showing a strong concentration on the West side. A dashed green box highlights the central area of the chart.</p>	-	-
<b>BAK L</b>	W-O	<p>Detailed description: A radar chart identical to the one for BAK K. It shows a distribution of window areas: North (N) 0%, South (S) 8%, East (E) 25%, and West (W) 67%. The chart includes concentric grid lines at 40%, 60%, and 80% and a blue line connecting the data points, with a dashed green box in the center.</p>	-	-

Um eventuelle Regelmäßigkeiten der Fensterflächen nach Orientierung festzustellen wurde im Kontext dieser Arbeit die Fenstergrößen der IWU- Beispielgebäude grafisch ermittelt. Eine entsprechende Übersicht über die Fenstermaße- und Flächen findet sich in Tabelle 37. Entsprechend der Divergenz einzelner Planungen lässt sich anhand der Daten keine Signifikanz hinsichtlich bestimmter Fenstergrößen ermitteln. Erkennbar ist, dass sowohl die Fensterfläche, als auch die Fenstergröße in der Nordfassade kleiner ist, als in den restlichen Fassaden. Dies ist aus energetischer Sicht (niedrige solare Gewinne einhergehend mit hohen thermischen Verlusten) nachvollziehbar.

Tabelle 37 – Fenstermaße, -größen und -anzahl nach Orientierung. (Datenbasis: IWU 2016) –Teil 1












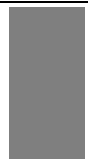



BAK B	Orientierung	Ost		Süd	West		
	Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)						
	b [m]	1,2	1,2	0,6	1,2	1,1	
	h [m]	2,1	1,1	0,8	2,1	1,5	
	A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,5	1,3	0,5	2,5	1,7	
	n [-]	11	1	4	12	1	
	A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	27,7	1,3	1,9	30,2	1,7	
	A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,4		1,9	2,5		
	A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	29,0		1,9	31,9		
BAK D	Orientierung	Ost					
	Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)						
	b [m]	1,1	2,0	0,6	1,2	1,2	1,5
	h [m]	1,3	1,8	1,0	1,4	1,1	1,3
	A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,4	3,5	0,6	1,7	1,3	2,0
	n [-]	2	4	4	1	1	2
	A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,8	14,0	2,4	1,7	1,3	3,9
	A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,9					
	A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	26,1					
	BAK D	Orientierung	Süd	West			
Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)							
b [m]		1,0	1,5	1,0	2,1		
h [m]		2,0	1,3	2,0	1,0		
A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]		2,0	2,0	2,0	2,1		
n [-]		6	6	4	2		
A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]		12,0	11,7	8,0	4,2		
A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]		2,0	2,0				
A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]		12,0	23,9				



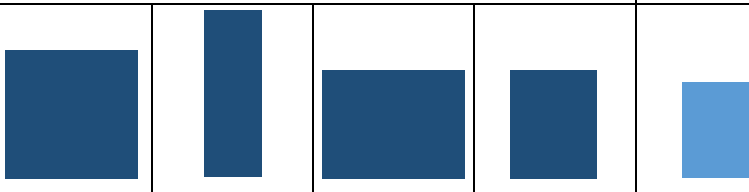
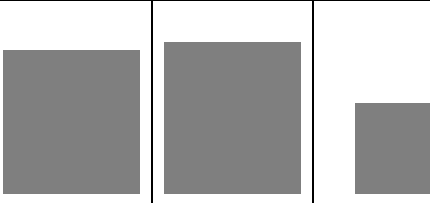
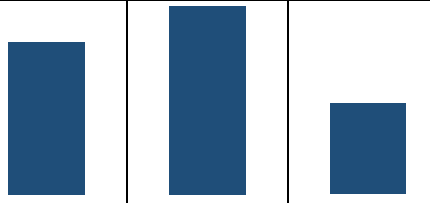

Tabelle 37 – Fenstermaße, -größen und -anzahl nach Orientierung. (Datenbasis: IWU 2016) –Teil 2

BAK E	Orientierung	Ost			Süd	
	Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)					
	b [m]	2,5	1,8	1,1	1,1	
	h [m]	1,8	1,4	1,4	1,4	
	A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	4,4	2,4	1,6	1,6	
	n [-]	8	10	2	4	
	A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	35,3	24,3	3,1	6,3	
	A <sub>∅-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,1			1,6	
	A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	62,8			6,3	
	Orientierung	West				
	Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)					
	b [m]	1,1	0,4	1,6	2,1	
	h [m]	1,4	0,7	1,4	1,4	
	A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,6	0,3	2,3	2,9	
n [-]	16	4	4	4		
A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	25,1	1,0	9,0	11,8		
A <sub>∅-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,7					
A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	46,9					
BAK F BAKA BAK F	Orientierung	Süd				
	Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)					
	b [m]	1,1	1,1	1,1	1,6	4,0
	h [m]	2,2	1,4	1,8	1,5	2,4
	A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,4	1,5	2,0	2,4	9,6
	n [-]	4	6	2	6	4
	A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	9,7	9,2	4,0	14,4	38,4
	A <sub>∅-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,3				
	A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	112,7				

Tabelle 37 – Fenstermaße, -größen und -anzahl nach Orientierung. (Datenbasis: IWU 2016) –Teil 3

↑	Orientierung	Süd			Nord		
	Proportion (1m $\hat{=}$ 1cm)						
b [m]	4,0	0,6	2,5*	0,9			
h [m]	2,3	1,3	2,5*	2,0			
A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	9,2	0,8	6,2	1,8			
n [-]	2	8	2	12			
A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	18,4	6,2	12,4	21,6			
A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	s.o.			s.u.			
A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	s.o.			s.u.			
BAK F	Orientierung	Nord					
	Proportion (1m $\hat{=}$ 1cm)						
	b [m]	0,9	0,75**	1,5***	1,9	1,1	0,8
	h [m]	1,1	1,0**	2,5***	0,77	0,8	0,9
	A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,0	0,8	3,8	1,5	0,8	0,7
	n [-]	12	8	2	8	4	10
	A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	11,9	6,0	7,5	11,7	3,4	6,9
	A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,2					
	A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	69,0					
	BAK G	Orientierung	Ost		Süd		
		Proportion (1m $\hat{=}$ 1cm)					
b [m]		1,9	1,1	0,9	0,9		
h [m]		1,4	1,4	2,2	1,3		
A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]		2,7	1,6	1,9	1,1		
n [-]		6	12	3	3		
A <sub>ges, Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]		16,1	19,5	5,8	3,3		
A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]		2,0		1,5			
A <sub>ges, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	35,6		9,2				
↓							

Tabelle 37 – Fenstermaße, -größen und -anzahl nach Orientierung. (Datenbasis: IWU 2016) –Teil 4

BAK G	↑	Orientierung	West				Nord
	Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)						
	b [m]	1,8	0,8	1,9	1,1	0,9	
	h [m]	1,7	2,2	1,4	1,4	1,3	
	A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	3,0	1,7	2,7	1,6	1,1	
	n [-]	6	6	6	3	3	
	A <sub>ges. Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]	17,9	10,0	16,2	4,9	3,3	
	A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,3				1,1	
	A <sub>ges. Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]	48,9				3,3	
	BAK H/I	Orientierung	Süd			West	
Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)							
b [m]		1,8	1,8	1,0	1,0	1,0	1,0
h [m]		1,9	2,0	1,2	2,0	2,5	1,2
A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]		3,4	3,6	1,2	2,0	2,5	1,2
n [-]		12	16	8	4	1	8
A <sub>ges. Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]		41,0	57,6	9,6	8,1	2,5	9,6
A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]		3,0			1,6		
A <sub>ges. Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]		108,2			20,2		
Orientierung		Nord					
Proportion (1m $\triangleq$ 1cm)							
b [m]		0,7	1,8	2,7	1,0	1,0	
h [m]		1,3	1,5	2,5	1,5	1,2	
A <sub>Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]		0,9	2,7	6,8	1,5	1,2	
n [-]		12	7	1	1	4	
A <sub>ges. Fenster</sub> [m <sup>2</sup> ]		10,9	18,9	6,8	1,5	4,8	
A <sub>Ø-Fenster, Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]		1,7					
A <sub>ges. Orient.</sub> [m <sup>2</sup> ]		42,9					
* korrespondierendes Quadrat angegeben, eigentliche Form: Halbkreis mit r=1,4m							
** korrespondierendes Rechteck angegeben (Breite auf 75% reduziert), eigentlich I- förmig							
*** eigentlich Rechteck mit dreieckigem, oberen Abschluss --> mittlere Dreieckshöhe zu Rechteckhöhe addiert							

### 8.4.2 Platzbedarf von Treppenhäusern

Im ersten Schritt zur Bestimmung des Platzbedarf von Treppenhäusern wurden die Musterbauordnung (MBO) und die Bauordnungen der Länder (LBO) hinsichtlich etwaiger Vorgaben bezüglich der erforderlichen Treppenbreite in notwendigen Fluchtwegen untersucht (vgl. Tabelle 38). Es ist deutlich erkennbar, dass in den meisten Ländern keine konkreten Angaben hinsichtlich der (minimalen) Treppenbreiten gemacht werden. Die weitere Analyse ist in Kapitel 3.7 zu finden.

*Tabelle 38 – Auswertung der aktuell gültigen, deutschen Bauordnungen hinsichtlich dem Vorhandensein von Vorgaben bezüglich erforderlicher Mindestbreiten von Treppen in notwendigen Fluchtwegen*

(Landes-)Bauordnung	Fundstelle	Passus bezgl. Treppenbreite
<b>Musterbauordnung (MBO)<sup>1</sup></b>	§34, Abs. 5	Die nutzbare Breite der Treppenläufe und Treppenabsätze notwendiger Treppen muss für den größten zu erwartenden Verkehr ausreichen.
<b>Baden- Württemberg (LBO BW)<sup>2</sup></b>	§28, Abs. 1	
<b>Bayern (BayBO)<sup>3</sup></b>	Art. 32, Abs. 5	
<b>Berlin (BauO Bln)<sup>4</sup></b>	§34 Abs. 5	
<b>Brandenburg (BbgBO)<sup>5</sup></b>	§34 Abs. 5	
<b>Bremen (BauO BR)<sup>6</sup></b>	§34, Abs. 5	
<b>Hamburg (HBauO)<sup>7</sup></b>	§32, Abs. 5	
<b>Hessen (HBO)<sup>8</sup></b>	§30, Abs. 4	
<b>Mecklenburg- Vorpommern (LBauO M-V)<sup>9</sup></b>	§34, Abs. 5	
<b>Niedersachsen (NBauO)<sup>10</sup></b>	§34, Abs. 1	Treppen müssen in solcher Zahl vorhanden und so angeordnet und ausgebildet sein, dass sie für den größten zu erwartenden Verkehr ausreichen und die erforderlichen Rettungswege bieten (notwendige Treppen).
<b>Nordrhein- Westfalen (BauO NRW)<sup>11</sup></b>	§36, Abs. 5	Die nutzbare Breite der Treppen und Treppenabsätze notwendiger Treppen muss mindestens 1 m betragen; in Wohngebäuden mit nicht mehr als zwei Wohnungen genügt eine Breite von 0,8 m.
<b>Rheinland- Pfalz (LBauO)<sup>12</sup></b>	§33, Abs. 2	Die nutzbare Breite notwendiger Treppen und ihrer Absätze muss 1 m betragen. In Gebäuden der Gebäudeklasse 2 und innerhalb von Wohnungen genügt eine Breite von 0,80 m. Treppen mit geringer Benutzung können eine geringere Breite haben.
<b>Saarland (LBO SL)<sup>13</sup></b>	§34, Abs. 4	Die nutzbare Breite der Treppenläufe und Treppenabsätze notwendiger Treppen muss für den größten zu erwartenden Verkehr ausreichen.
<b>Sachsen (Sächs BO)<sup>14</sup></b>	§34, Abs. 5	
<b>Sachsen- Anhalt (BauO LSA)<sup>15</sup></b>	§33, Abs. 5	
<b>Schleswig- Holstein (LBO SH)<sup>16</sup></b>	§35, Abs. 5	
<b>Thüringen (ThürBO)<sup>17</sup></b>	§34, Abs. 5	
<b>Datenbasis:</b>		
<sup>1</sup> Bauministerkonferenz, <sup>2</sup> Land Baden-Württemberg, <sup>3</sup> Land Bayern, <sup>4</sup> Land Berlin, <sup>5</sup> Land Brandenburg, <sup>6</sup> Land Bremen, <sup>7</sup> Land Hamburg, <sup>8</sup> Land Hessen, <sup>9</sup> Land Mecklenburg-Vorpommern, <sup>10</sup> Land Niedersachsen, <sup>11</sup> Land Nordrhein-Westfalen, <sup>12</sup> Land Rheinland-Pfalz, <sup>13</sup> Land Saarland, <sup>14</sup> Land Sachsen, <sup>15</sup> Land Sachsen-Anhalt, <sup>16</sup> Land Schleswig-Holstein, <sup>17</sup> Land Thüringen		

### 8.4.3 Typische Sanierungszyklen

Ermittelt man für die in Tabelle 24 in Kapitel 4.3 genannten Bauteilschichten mithilfe der vom IEMB bereitgestellten Tabelle die Lebensdauern der einzelnen Bauteilschichten, so ergibt sich Tabelle 39.

*Tabelle 39 – Lebenserwartung der Baustoffschichten nach Bauteilen und Baualterklassen.  
(Datenbasis: Loga et al. 2015 und IEMB 2006)*

BAK (IWU)	Bauteil	Minimale Lebenserwartung [a]				mittlere Lebenserwartung [a]				maximale Lebenserwartung [a]			
		Schicht				Schicht				Schicht			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
MFH_A	Dach	20	k.A.	25	40	40	k.A.	30	50	50	k.A.	35	60
MFH_B	Dach	20	k.A.	25	40	40	k.A.	30	50	50	k.A.	35	60
MFH_C	Dach	20	25	25	40	40	30	30	50	50	35	35	60
MFH_D	oberste Geschossdecke	20	100	25	40	40	100	30	50	50	150	35	60
MFH_E	oberste Geschossdecke	20	100	25	40	40	100	30	50	50	150	35	60
MFH_F	oberste Geschossdecke	20	100	25	40	40	100	30	50	50	150	35	60
MFH_G	oberste Geschossdecke	20	100	25	40	40	100	30	50	50	150	35	60
MFH_H	oberste Geschossdecke	20	100	25	40	40	100	30	50	50	150	35	60
MFH_A	Außenwand	20	80	20		40	100	40		50	120	50	
MFH_B	Außenwand	20	60	20		40	80	40		50	250	50	
MFH_C	Außenwand	20	100	20		40	120	40		50	150	50	
MFH_D	Außenwand	20	100	20		40	120	40		50	150	50	
MFH_E	Außenwand	20	100	20		40	120	40		50	150	50	
MFH_F	Außenwand	20	100	20		40	120	40		50	150	50	
MFH_G	Außenwand	20	100	20		40	120	40		50	150	50	
MFH_H	Außenwand	20	100	20		40	120	40		50	150	50	
MFH_A	Boden gegen unbeheizt	40	25	80		50	30	90		60	35	150	
MFH_B	Boden gegen unbeheizt	40	25	60	80	50	30	80	100	60	35	100	150
MFH_C	Boden gegen unbeheizt	40	25	80		50	30	90		60	35	100	
MFH_D	Boden gegen unbeheizt	41	60	100		50	80	100		69	100	150	
MFH_E	Boden gegen unbeheizt	41	25	25	100	50	30	30	100	69	50	35	150
MFH_F	Boden gegen unbeheizt	41	25	25	100	50	30	30	100	69	50	35	150
MFH_G	Boden gegen unbeheizt	41	25	25	100	50	30	30	100	69	50	35	150
MFH_H	Boden gegen unbeheizt	41	25	25	100	50	30	30	100	69	50	35	150

### 8.4.4 Leitungsführung im Schornstein

Ein in den Arbeitsgruppen des Autors schon öfter diskutierter Ansatz ist, nachträglich einzubringende technische Installationen (insbesondere Heiz- und Lüftungsleitungen) in Schornsteinen zu führen. Im Kontext dieses Forschungsprojekts ist insbesondere interessant, ob eine Regelmäßigkeit in Bezug auf Schornsteinanzahl und -größe abhängig vom Baualter und der geographischen Lage des zu sanierenden Gebäudes erkennbar ist und somit eine verallgemeinernde Aussage zu o.g. Ansatz zulässig ist.

Es wurde untersucht, ob es auch im Bundesgebiet Vorgaben ähnlich den Englischen (vgl. Abbildung 41) gibt, pro Feuerstätte oder zumindest pro Wohneinheit einen eigenen Rauchabzug zu haben. Somit ließe sich in Abhängigkeit von Wärmeerzeuger und Anzahl der Wohneinheiten relativ einfach die überschlägige Anzahl der im Gebäude vorhandenen Schornsteine/ Schornsteinzüge ermitteln. Wenn nach einer Erneuerung der Heizungsanlage des Gebäudes Wärme nur noch über eine Zentralheizung (ein Rauchabzug) oder über einen nicht verbrennungsgetriebenen Wärmeerzeuger generiert wird, könnte man somit den für Installationen zur Verfügung stehenden Platz ermitteln.



Abbildung 41 – Separate Schornsteine pro Feuerstätte. (Quelle: pixabay, Lizenz: CC0)

Da das Bauordnungsrecht weitestgehend Ländersache ist, wurde begonnen die Feuerungsverordnungen (FeuV(O)en) der Länder zu untersuchen. Ziel war es, zu identifizieren, ob es generelle Beschränkungen zu Mehrfachanschlüssen an Schornsteinen gibt und ob sich diese Beschränkungen regional unterscheiden. Hierzu wurde nachfolgend abgebildete Tabelle 40 erstellt. Man stellt bei der Betrachtung fest, dass, zumindest in den aktuellen Fassungen, sehr große Übereinstimmungen in den Verordnungen der einzelnen Länder zu finden sind und im Regelfall der Mehrfachanschluss von Wärmeerzeugern zugelassen ist. Dies ist nicht überraschend, da seit 1995 die Musterfeuerungsverordnung (MFeuVO) vom 24.02.1995 in Paragraph 7, Absatz 3 den Mehrfachanschluss von Feuerungsanlagen regelt.

Geht man in der Historie der M-FeuVO weiter zurück, so stellt man fest, dass der Mehrfachanschluss in der Fassung vom September 1987 noch nicht geregelt wird. Anhand der vorliegenden älteren Feuerungsverordnungen der Länder Hessen (1979) und Saarland (1980) kann vermutet werden, dass der Mehrfachanschluss früher sehr viel begrenzter zugelassen war und somit bei alten Gebäuden eine höhere Anzahl an Schornsteinen/ Schornsteinzügen vorhanden ist. Jedoch ist der Verordnungstext nicht so begrenzend, dass daraus mit den o.g. Eingangsparametern - ohne Kenntnis eines spezifischen Gebäudes - direkt eine Abschätzung möglich wird.

Tabelle 40 – Zulässigkeit des Mehrfachanschlusses von Feuerstätten an Schornsteinen gem. FeuV(O).

		Alte Bundesländer										Neue Bundesländer inkl. Berlin					
		Bad.-Württemberg.	Bayern	Bremen	Hamburg	Hessen	Niedersachsen	Nordrh.-Westf.	Rheinland-Pfalz	Saarland	Schlesw.-Holstein	Berlin	Brandenburg	Mecklenb.-Vorp.	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Thüringen
aktuelle, gültige Fassung	Bezeichnung der regelnden Verordnung	FeuVO	FeuV	BremFeuV	FeuVO	FeuVO	FeuVO	FeuVO NRW	FeuVO	FeuVO	FeuVO	FeuVO	BbgFeuV	FeuVO M-V	SächsFeuVO	FeuVO	ThürFeuVO
	Erstellungsdatum der Verordnung	24.11.1995	11.11.2007	16.12.2010	25.09.2007	03.02.2009	27.03.2008	11.03.2008	27.02.1997	27.01.2014	30.11.2009	31.01.2006	13.01.2006	10.07.2006	15.10.2007	27.03.2006	10.08.2009
	Datum der letzten Änderung	25.01.2012	07.12.2012	27.05.2014	02.11.2010	03.11.2014	13.11.2012	29.11.2012	-	-	21.11.2014	28.11.2008	13.09.2010	06.07.2010	13.07.2011	20.10.2008	25.11.2014
	Textstelle mit Hinweis zu Mehrfachanschluss (MFA)	§7, Abs. 6	§7, Abs. 4	§7, Abs. 4	§7, Abs. 4	§7, Abs. 4	§7, Abs. 4	§7, Abs. 4	§7, Abs. 3	§7, Abs. 4	§7, Abs. 4	§7, Abs. 4	§7, Abs. 4	§7, Abs. 4	§7, Abs. 4	§6, Abs. 4	§7, Abs. 4
	MFA möglich ohne nennenswerte Einschränkung	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	MFA nur sehr beschränkt möglich					x				x							
stichproben- artige Unter- suchung älterer Fassung	Bezeichnung der regelnden Verordnung	*	*	*	FeuVO	FeuVO	*	FeuVO NW	FeuVO	FeuVO	FeuVO	FeuVO	*	FeuVO M-V	*	FeuVO	ThürFeuVO
	Erstellungsdatum der Verordnung				18.02.1997	21.06.1977		21.07.1998	27.02.1997	14.12.1980	06.03.1996	20.08.1996		07.12.1995		22.11.1996	03.06.1996
	Datum der letzten Änderung				-	20.03.1979			-	18.02.2004	-	-		-		-	-
	Textstelle (Mehrfachanschluss)				§7, Abs. 6	§4		§7, Abs. 3	§4, Abs. 3	§8, Abs. 4 §14, Abs. 4	§7, Abs. 3	§7, Abs. 3		§7, Abs. 3		§7, Abs. 3	§7, Abs. 3
	MFA möglich ohne nennenswerte Einschränkung				x			x	x		x	x		x		x	x
	MFA nur sehr beschränkt möglich					x				x							
* zum Untersuchungszeitpunkt war keine ältere Version zugänglich																	

## 9 Literaturverzeichnis

- AdV (2015): AdV-Arbeitskreis Liegenschaftskataster. ALKIS - Grunddatenbestand und länderspezifische Inhalte. Hg. v. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV). Online verfügbar unter [www.adv-online.de/AAA-Modell/ALKIS/binarywriterservlet?imgUid=e4e50afa-16a0-dd41-b462-3e9172e13d63&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111&isDownload=true](http://www.adv-online.de/AAA-Modell/ALKIS/binarywriterservlet?imgUid=e4e50afa-16a0-dd41-b462-3e9172e13d63&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111&isDownload=true), zuletzt geprüft am 09.08.2019.
- Bauministerkonferenz (13.05.2016): Musterbauordnung. MBO. Online verfügbar unter [www.bauministerkonferenz.de](http://www.bauministerkonferenz.de), zuletzt geprüft am 10.10.2017.
- BBSR (2017): Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden. BBSR-Online-Publikation Nr. 17/2017. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Online verfügbar unter [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-17-2017-dl.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-17-2017-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2), zuletzt geprüft am 12.08.2019.
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hg.) (2019): Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland. Basisdaten und Einflussfaktoren. 3. aktualisierte Ausgabe. Berlin.
- BMUB (2014): Die besonders erhaltenswerte Bausubstanz in der integrierten Stadtentwicklung. Erkennen - Erfassen - Entwicklung steuern. Kommunale Arbeitshilfe Baukultur. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Berlin. Online verfügbar unter [https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/bausubstanz\\_broschuere\\_bf.pdf](https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/bausubstanz_broschuere_bf.pdf), zuletzt geprüft am 05.03.2018.
- Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (Hg.) (1990): Baunutzungsverordnung (BauNVO). Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke. Online verfügbar unter <https://dejure.org/gesetze/BauNVO>, zuletzt aktualisiert am 13.05.2017, zuletzt geprüft am 09.08.2019.
- Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (Hg.) (2019): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks. 2019. Sankt Augustin. Online verfügbar unter <https://www.schornsteinfeger.de/erhebungen.aspx>, zuletzt geprüft am 20.01.2022.
- Bürger, Veit; Hesse, Tilman; Quack, Dietlinde; Palzer, Andreas; Köhler, Benjamin; Herkel, Sebastian; Engelmann, Peter (2016): Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaneutraler-gebäudebestand-2050>.
- Cischinsky, Holger; Diefenbach, Nikolaus (2018): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. 1. Aufl. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt (978-3-941140-71-4).
- complan Kommunalberatung (Hg.) (2017): Besonders erhaltenswerte Bausubstanz im Land Brandenburg. Kommunale Handlungsansätze zur Erfassung, Bewertung und Entwicklung. Potsdam. Online verfügbar unter [https://mil.brandenburg.de/media\\_fast/4055/171214\\_Abschlussbericht\\_Online.pdf](https://mil.brandenburg.de/media_fast/4055/171214_Abschlussbericht_Online.pdf), zuletzt geprüft am 09.08.2019.
- Dengler, J.; Schickanz, M. (2012): Abfrageergebnisse aus der Datenbasis Gebäudebestand. Abfrage durch Benjamin Köhler. Freiburg, 2012.
- Diefenbach, Nikolaus; Cischinsky, Holger; Rodenfels, Markus (2010): Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. 1. Aufl. Institut Wohnen und Umwelt (IWU); Bremer Energie Institut (BEI).



- Darmstadt. Online verfügbar unter [http://datenbasis.iwu.de/dl/Endbericht\\_Datenbasis.pdf](http://datenbasis.iwu.de/dl/Endbericht_Datenbasis.pdf).
- Drewer, Arnold (2013): Wärmedämmstoffe. Kompass zur Auswahl und Anwendung ; mit 245 Tabellen. Köln: Müller.
- Ebert, B. (2018): Systematische Analyse von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden. Abschlussbericht zu AP 1.1 des Projekts LowEx im Bestand. Hg. v. Karlsruhe Institute of Technology. Fachgebiet Bauphysik & Technischer Ausbau. Karlsruhe. Online verfügbar unter <https://www.lowex-bestand.de/wp-content/uploads/2018/08/Abschlussbericht-zu-AP-1.1-Systematische-Analyse-von-Mehrfamilien-Bestandsgeb%C3%A4uden.pdf>.
- DIN EN 12831-1: Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Teil 1: Raumheizlast.
- Faller, Peter; Wurst, Eberhard; Wilhelm, Katrina (2002): Der Wohngrundriss. Untersuchung im Auftrag der Wüstenrot-Stiftung. [Neuausg.]. Stuttgart: Dt. Verl.-anst.
- DIN 18065: Gebäudetreppen –Begriffe, Messregeln, Hauptmaße. Online verfügbar unter [http://www.th-owl.de/fb1/uploads/media/DIN\\_18065\\_Gebaeudetreppen.pdf](http://www.th-owl.de/fb1/uploads/media/DIN_18065_Gebaeudetreppen.pdf).
- DIN 277-1: Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen - Teil 1: Hochbau.
- Hannemann, Christine (2014): Zum Wandel des Wohnens. In: *Aus Politik und Zeitgeschichte* (20-21), S. 36–43.
- Hartner, Michael; Forthuber, Sebastian (2017): Disaggregierte Heizsystemdaten für den Gebäudebestand in Deutschland.
- Häußermann, Hartmut; Siebel, Walter (2000): Soziologie des Wohnens. Eine Einführung in Wandel und Ausdifferenzierung des Wohnens. 2., korr. Aufl. Weinheim: Juventa-Verl. (Grundlagentexte Soziologie).
- Hegger, Manfred; Dettmar, Jörg; Martin, Alexander (2012): UrbanReNet. Schlußbericht. Technische Universität Darmstadt.
- Heisel, Joachim P. (2016): Planungsatlas. Praxishandbuch Bauentwurf. 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage: Beuth Verlag.
- Hotzan, Jürgen; Urich, Florian (2004): dtv-Atlas Stadt. Von den ersten Gründungen bis zur modernen Stadtplanung. 3., aktualis. und erw. Aufl.; Orig.-Ausg. München: Dt. Taschenbuch-Verl. (dtv dtv-Atlas, 3231).
- IEMB (2006): Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten. Info-Blatt Nr. 4.2. Hg. v. Kompetenzzentrum "Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen". Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken (IEMB). Berlin. Online verfügbar unter [http://www.ksb-hi.de/images/pdf/4\\_3\\_3\\_Lebensdauer\\_Bauteile.pdf](http://www.ksb-hi.de/images/pdf/4_3_3_Lebensdauer_Bauteile.pdf).
- ista Deutschland GmbH (2019): Energiesparen im Alltag. Die richtige Temperatur kann Kosten sparen. Essen. Online verfügbar unter <https://www.ista.com/de/infocenter/energiespartipps/#c59516>, zuletzt geprüft am 08.08.2019.
- IWU (2012-2016): TABULA WebTool. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt. Online verfügbar unter <http://webtool.building-typology.eu/#bm>, zuletzt aktualisiert am 06.11.2017.
- IWU (2016): Planunterlagen der Beispielgebäude ab 1928 aus dem IWU- Archiv. Archivgut bereitgestellt über Herrn Rolf Born im Juni 2016. Darmstadt.
- Klempnow, M.; Hasler, D. (2013): Gut beraten - Energieeffizienz im erhaltenswerten Bestand. Regionalkonferenz - "Die besonders erhaltenswerte Bausubstanz". Wittenberg. Online verfügbar unter [http://www.staedtebaulicherdenkmalschutz.de/aktuelles/regionalkonferenzen/Hasler\\_Klempnow\\_Energieeffizienz.pdf](http://www.staedtebaulicherdenkmalschutz.de/aktuelles/regionalkonferenzen/Hasler_Klempnow_Energieeffizienz.pdf), zuletzt geprüft am 05.03.2018.

- Kunze, Carola; Hecht, Robert; Hahmann, Stefan (2013): Zur Vollständigkeit des Gebäudedatenbestandes von OpenStreetMap. Hg. v. Kartographische Nachrichten (KN). Online verfügbar unter <http://koenigstuhl.geog.uni-heidelberg.de/publications/2013/Hahmann/KN.pdf>, zuletzt geprüft am 09.08.2019.
- Land Baden-Württemberg (05.03.2010): Landesbauordnung für Baden-Württemberg. LBO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Bayern (14.08.2007): Bayerische Bauordnung. BayBO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Berlin (29.09.2005): Bauordnung für Berlin. BauO Bln. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Brandenburg (19.05.2016): Brandenburgische Bauordnung. BbBO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Bremen (06.10.2009): Bremische Landesbauordnung. BauO BR. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Hamburg (14.12.2005): Hamburgische Bauordnung. HBauO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Hessen (15.01.2011): Hessische Bauordnung. HBO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Mecklenburg-Vorpommern (15.10.2015): Landesbauordnung Mecklenburg-Vorpommern. LBauO M-V. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Niedersachsen (03.04.2012): Niedersächsische Bauordnung. NBauO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Nordrhein-Westfalen (01.03.2000): Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen. BauO NRW. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Rheinland-Pfalz (24.11.1998): Landesbauordnung Rheinland-Pfalz. LBauO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Saarland (18.02.2004): Landesbauordnung. LBO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Sachsen (11.05.2016): Sächsische Bauordnung. SächsBO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Sachsen-Anhalt (10.09.2013): Bauordnung des Landes Sachsen-Anhalt. BauO LSA. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Schleswig-Holstein (22.01.2009): Landesbauordnung für das Land Schleswig-Holstein. LBO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Land Thüringen (25.03.2014): Thüringer Bauordnung. ThürBO. Online verfügbar unter [juris.de](http://juris.de), zuletzt geprüft am 09.10.2017.
- Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus; Knissel, Jens; Born, Rolf (2005): Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt. Online verfügbar unter [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/werkzeuge/iwu-kurzverfahren\\_energieprofil-endbericht.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/iwu-kurzverfahren_energieprofil-endbericht.pdf).
- Loga, Tobias; Stein, Britta; Diefenbach, Nikolaus; Born, Rolf (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. neue Ausg. Darmstadt: Wohnen und Umwelt.
- lowex-bestand.de: Projekt-Website von LowEx-Bestand. LowEx-Konzepte für die Wärmeversorgung

von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden. Hg. v. Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH). Online verfügbar unter <https://www.lowex-bestand.de/>, zuletzt geprüft am 09.08.2019.

Nikolowski, Johannes Nils (2014): Wohngebäude im Klimawandel. Verletzbarkeit und Anpassung am Beispiel von Überflutung und Starkregen. Dissertation. Online verfügbar unter [http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/15020/Dissertation\\_Nikolowski\\_mit\\_Anhang\\_A-1.pdf](http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/15020/Dissertation_Nikolowski_mit_Anhang_A-1.pdf).

Raabe, Christian (2015): Denkmalpflege. Schnelleinstieg für Architekten und Bauingenieure. 1. Aufl. 2015. Wiesbaden: Springer Vieweg (essentials). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4182832>.

DIN 4701: Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden und für die Berechnung der Kessel- und Heizkörpergrößen von Heizungsanlagen (zurückgezogen).

Roth, Ueli; Häubi, Fritz (1981): Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungsanlagen. Band 99. In: *Schweizer Ingenieur und Architekt* (44), S. 970–983.

RWE (2010): RWE Bau-Handbuch. Mit EnEV 2009. 14. Ausg. Frankfurt, Main: EW Medien u. Kongresse.

Schönfeld, Jürgen W. (1992): Gebäudelehre. 2. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer.

Schröder, Franz; Gill, Bernhard; Güth, Martin; Teich, Tobias; Wolff, Anna (2018): Entwicklung saisonaler Raumtemperaturverteilungen von klassischen zu modernen Gebäudestandards - Sind Rebound-Effekte unvermeidbar? In: *Bauphysik* 40 (3), S. 151–160. DOI: 10.1002/bapi.201810017.

Spengemann, K. L.; Hauff, W. (1955): Grundrissatlas - Eine Typenkunde für den Wohnungsbau. Gütersloh: C. Bertelsmann Verlag.

Spengemann, Karl Ludwig (1995): Grundrissatlas. Eine Typenkunde für den Wohnungsbau. nter Zugrundelegung eines Forschungsauftrages des Bundesministers für Wohnungsbau unter Mitarbeit von Werner Hauff: Gütersloh Verlag C. Bertelsmann.

Stadt Frankfurt am Main (Hg.) (2017): Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ). Arbeitshilfe. Bauaufsicht Frankfurt am Main; Stadtplanungsamt Frankfurt am Main. Frankfurt am Main. Online verfügbar unter <https://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/show.php?ID=13344&psid=d>.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011a): Auswertung Mietergruppen - Wohnungen nach Art des Gebäudes, Typ des privaten Haushalts (nach Familien) und weitere Merkmale für Deutschland. Ergebnis des Zensus 2011 zum Berichtszeitpunkt 9. Mai 2011. Online verfügbar unter [https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=WOHNUNG;absRel=ANZAHL;ags=00;agsAxis=X;yAxis=NUTZUNG:2,GEBAEUDEART\\_SYS:111,WOHNFLAECHE\\_10S,ZAHLWOHNG\\_N\\_HHG:3:4:5,HHTYP\\_FAM](https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=WOHNUNG;absRel=ANZAHL;ags=00;agsAxis=X;yAxis=NUTZUNG:2,GEBAEUDEART_SYS:111,WOHNFLAECHE_10S,ZAHLWOHNG_N_HHG:3:4:5,HHTYP_FAM).

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011b): Auswertung Raumanzahl - Wohnungen nach Art des Gebäudes, Art der Wohnungsnutzung und weitere Merkmale für Deutschland. Ergebnis des Zensus 2011 zum Berichtszeitpunkt 9. Mai 2011. Online verfügbar unter [https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=WOHNUNG;absRel=ANZAHL;ags=00;agsAxis=X;yAxis=NUTZUNG:2,GEBAEUDEART\\_SYS:111,WOHNFLAECHE\\_10S,ZAHLWOHNG\\_N\\_HHG:3:4:5,RAUMANZAHL](https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=WOHNUNG;absRel=ANZAHL;ags=00;agsAxis=X;yAxis=NUTZUNG:2,GEBAEUDEART_SYS:111,WOHNFLAECHE_10S,ZAHLWOHNG_N_HHG:3:4:5,RAUMANZAHL).

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011c): Auswertung Wohnungsgröße - Wohnungen nach Art des Gebäudes, Art der Wohnungsnutzung und weitere Merkmale für Deutschland. Ergebnis des Zensus 2011 zum Berichtszeitpunkt 9. Mai 2011. Online verfügbar unter [https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=WOHNUNG;absRel=ANZAHL;ags=00;agsAxis=X;yAxis=NUTZUNG:2,GEBAEUDEART\\_SYS:111,WOHNFLAECHE\\_10S,ZAHLWOHNG\\_N\\_HHG:3:4:5](https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=WOHNUNG;absRel=ANZAHL;ags=00;agsAxis=X;yAxis=NUTZUNG:2,GEBAEUDEART_SYS:111,WOHNFLAECHE_10S,ZAHLWOHNG_N_HHG:3:4:5).

- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011): Zensusdatenbank Zensus 2011. Online verfügbar unter <https://ergebnisse.zensus2011.de/>, zuletzt aktualisiert am 01.10.2015, zuletzt geprüft am 12.08.2017.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hg.) (2019): Wohnen in Deutschland. Zusatzprogramm des Mikrozensus 2018. Statistisches Bundesamt (Destatis). Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (Hg.) (2019): Gebäude und Wohnungen. Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden. Lange Reihen ab 1969 - 2018. Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Publikationen/Downloads-Wohnen/fortschreibung-wohnungsbestand-pdf-5312301.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Publikationen/Downloads-Wohnen/fortschreibung-wohnungsbestand-pdf-5312301.pdf?__blob=publicationFile).
- Umweltbundesamt (2018): Richtig heizen. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/richtig-heizen>, zuletzt aktualisiert am 16.11.2018, zuletzt geprüft am 08.08.2019.
- Völckers, Otto (1949): Das Grundrißwerk. 3. Aufl. Stuttgart: Julius Hoffmann Verlag Stuttgart.
- Vollmer et al. (2021): LowEx-Bestand Referenzgebäude: Geometrie, Bauphysik, Last-Zeitserien und Sanierungsszenarien. Projekt LowEx-Bestand Analyse - Bericht zu AP 3.1. Unter Mitarbeit von Vollmer R, Köhler B, Ebert B, Wapler J, Koch L, Bongs C, Hess S, Scharf K. INATECH; KIT; Fraunhofer ISE.
- Walberg, Dietmar; Holz, Astrid; Gniechwitz, Timo; Schulze, Thorsten (2011): Wohnungsbau in Deutschland - 2011. Modernisierung oder Bestandsersatz. Studie zum Zustand und der Zukunftsfähigkeit des deutschen „Kleinen Wohnungsbaus“. Hg. v. Dietmar Walberg. Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. Kiel (Band I Textband). Online verfügbar unter <https://www.dgfm.de/uploads/media/Endbericht-DGfM-Textband-Gesamt.pdf>.
- DIN 4108: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden.
- Weller, Bernhard; Fahrion, Marc-Steffen; Horn, Sebastian; Naumann, Thomas; Nikolowski, Johannes Nils (2016): Baukonstruktion im Klimawandel. Wiesbaden: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-13011-4>.