

LowEx-Bestand Analyse Abschlussbericht zu AP 1.1

Systematische Analyse von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden
Stand: 06/2018

Fachgebiet Bauphysik & Technischer Ausbau



LowEx-Bestand Analyse Abschlussbericht zu AP 1.1

Stand: 13.06.2018

Systematische Analyse von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden

Autor: Dipl.-Ing. Architekt Bernd Ebert (fbta)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 03SBE0001

Kurzbeschreibung

Die vorliegende Arbeit ist Teil des Verbundforschungsprojektes „LowEx-Konzepte für die Wärmeversorgung von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden“ – Verbundprojekt „Analyse und Demonstration“ (LowEx-Bestand-Analyse).

Innerhalb des Arbeitspaketes 1.1 „Systematische Analyse des Gebäudebestandes“ werden diverse Quellen hinsichtlich des deutschen Mehrfamilienhausbestandes ausgewertet. Ziel ist es eine Datengrundlage für die nachfolgenden Arbeitspakete im Projekt zu schaffen. Neben der detaillierten Auswertung von TABULA (IWU) werden hierfür eine Vielzahl anderer Quellen betrachtet. Anschließend wird der deutsche Mehrfamilienhausbestand hinsichtlich seines Vorkommens in Stadtstrukturen, Gebäudegrößen und –volumina, Grundrissorganisation, Anlagentechnik, Energiebedarf etc. gefasst. Um die Simulationen in den nachfolgenden Arbeitspaketen durchführen zu können, ist es zudem erforderlich die Zahl der Gebäudevarianten zu reduzieren. Im Rahmen der Arbeit werden aus zehn Baualtersklassen in TABULA vier aggregierte LowEx- Baualtersklassen entwickelt (vgl. Kapitel 6).

Abschließend wird noch ein Ausblick auf die mögliche, zukünftige Entwicklung des Gebäudebestandes gegeben.

Abstract

The present work is part of a composite research project on low exergy heating systems for the refurbishment of existing multifamily houses.

The task of work package 1.1 is to evaluate different sources, which are describing the German multifamily building stock. The aim is to build a project- internal database for the following work packages. Besides the detailed evaluation of TABULA (IWU research project) there are many different sources considered. The German multifamily building stock is analysed with regard to the urban structure the building stands in, the size and the volume of the building, the floor planning, the building technology, the energy demands and further more. To be able to run the simulations in the next work packages it is necessary to simplify the ten TABULA building age classes. In chapter 6, you will find data of four aggregated LowEx building age classes.

At the end of this report, there is a forecast on the possible evolution of the building stock.

Inhalt

1	Einführung.....	6
1.1	LowEx-Bestand	6
1.2	Untersuchungsgegenstand	6
1.3	Ziele.....	6
2	Mögliche Quellen zur Bearbeitung.....	7
2.1	IEE- Projekte: TABULA und EPISCOPE.....	7
2.2	IWU- Projekt: Datenbasis Gebäudebestand	8
2.3	Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (ARGE e.V.).....	8
2.4	Statistisches Bundesamt, Statistische Landesämter, Mikrozensus 2011	8
2.5	Forschungsprojekt UrbanReNet.....	8
2.6	Forschungsprojekt INVERT/EE- Lab (TU Wien).....	8
2.7	Geoinformationssysteme.....	8
2.7.1	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS).....	9
2.7.2	OpenStreetMap (OSM).....	10
3	Kriterien zur Kategorisierung/ Typisierung von Gebäuden	12
3.1	Gebäudenutzung und Gebäudegröße	12
3.2	Baualter – Qualität der thermischen Gebäudehülle	12
3.3	Anlagentechnik.....	12
3.4	Bauform	12
3.5	Erschließung.....	12
4	Analyse des baulichen Bestandes	13
4.1	Verteilung des Gebäudebestandes anhand des Baualters.....	13
4.2	Untersuchung des Baualters abhängig vom regionalen Einkommen	14
4.3	Gebäude- und Erschließungsformen	15
4.3.1	Siedlungsstrukturen im Geschosswohnungsbau	15
4.3.2	Versiegelungsgrad der Grundstückspartellen/ Art der Freiflächen.....	17
4.3.3	Erschließungsformen im Geschosswohnungsbau	18
4.4	Typische Grundrissorganisation häufiger Bauformen	21
4.5	Größen von Gebäuden und Wohnungen	24
4.5.1	Stockwerksanzahl und obere/ untere Gebäudeabschlüsse nach BAK.....	24
4.5.2	Geschossanzahl in Abhängigkeit der Wohnungsanzahl	25
4.5.3	Wohnungsgrößen	26
4.5.4	Haushaltsgrößen	28
4.6	Raumgrößen.....	28
4.6.1	Abschätzung des minimalen Platzbedarfs von Treppenhäusern	31
4.7	Orientierung und Erschließungsformen	35
4.8	Fensterflächenanteile und Fenstergrößen	35
4.8.1	Verteilung der Fensterflächen nach Orientierung.....	35
4.8.2	Fenstergrößen	38
4.9	Untersuchung typischer Sanierungszyklen von Bauteilen	43

4.10	Leitungsführung bei der Bestandssanierung im Schornstein.....	46
4.11	Wohnungs- und Raumtemperaturen.....	49
4.12	Grundlage für die weiteren Arbeitspakete.....	50
4.13	Denkmalschutz und erhaltenswerte Bausubstanz.....	51
5	Auswertung der TABULA/ EPISCOPE- Datensätze.....	52
5.1	Wärmeschutz der Gebäudehülle.....	52
5.2	Analyse der technischen Anlagen.....	55
5.2.1	Heizung.....	55
6	Gebäudebeispiele als Datengrundlage.....	57
6.1	Aggregierte Baualtersklassen.....	57
6.2	Gebäudegrunddaten LowEx- BAK.....	58
6.3	Gebäudeorientierung.....	59
6.4	Bauteilqualität: Wärmedurchgangskoeffizienten.....	60
6.4.1	Erbauungszustand (unsaniert).....	60
6.4.2	Standardsanierung/ konventionelle Sanierung.....	61
6.4.3	Ambitionierte/ zukunftsweisende Sanierung.....	61
6.4.4	Gebäudebestand 2018: Sanierungsanteile und Qualitäten nach Bauteilen.....	62
6.5	Heizwärmeerzeuger.....	63
7	Entwicklungsszenarien bis 2050.....	64
8	Glossar.....	65
9	Abkürzungsverzeichnis.....	67
10	Literaturverzeichnis.....	69
	Appendix A – OSM- Daten in CAD- Programme übergeben.....	74
A.1	Taginfo: Überprüfung der Taghäufigkeit.....	74
A.2	Overpass Turbo: Konfiguration der Datenabfrage.....	74
A.3	JOSM: Datenexport.....	75
A.4	OSM2World: Datenwandelung in Object- File (CAD kompatibel).....	77
	Appendix B – Umgang mit Reihenhauszeilen.....	79
B.1	Vergleich von Wohnungsanzahl und -größen.....	79
B.2	Vergleich von Gebäudeflächen und Volumina.....	80
B.3	Vergleich flächenspezifischer Energiekennzahlen.....	80
B.4	Vergleich von Erschließungsflächen.....	81
B.5	Fazit.....	81

1 Einführung

1.1 LowEx-Bestand

Im Projektverbund „LowEx-Konzepte für die Wärmeversorgung von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden (LowEx-Bestand)“ sollen Lösungen für den Einsatz von elektrischen Wärmepumpen und Gas-Wärmepumpen sowie Übergabe- und Lüftungssystemen in energetisch sanierten Gebäuden umfassend und in enger Kooperation mit gewerblichen Unternehmen aus allen relevanten Bereichen analysiert, entwickelt und demonstriert werden. Hauptziel des Vorhabens ist es, LowEx-Konzepte und -Systeme für die Sanierung von Bestandsgebäuden umfassend (weiter) zu entwickeln, ihre Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, die Qualität ihres Betriebs zu sichern und somit zu einer beschleunigten Markteinführung beizutragen. Insgesamt soll das Vorhaben so einen signifikanten Beitrag leisten, um die anvisierten klimapolitischen Ziele zur Wärmeversorgung des Gebäudesektors zu erreichen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) fördert dieses Vorhaben.

Weiterführende Informationen finden Sie unter www.lowex-bestand.de.

1.2 Untersuchungsgegenstand

Vielfach wird zitiert, dass Deutschland gebaut sei. Tatsächlich ist die Zahl der Neubauten am Mehrfamilienhaus- 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 sich bestehende Mehrfamilienhäuser nach ihrem Baualter hinsichtlich Grundrisstypologie und Bauform, sowie technischer Gebäudeausrüstung und energetischem Standard klassifizieren/ typologisieren lassen. Eine daraus möglicherweise resultierende Regelmäßigkeit bei der Sanierung der Typologiegebäude könnte somit als Entscheidungshilfe für zukünftige Sanierungsprojekte dienen und die Sanierungsprozesse beschleunigen. Zur besseren Einordnung der Gebäude wäre es vorteilhaft den Baualterklassen Grundrisstypologien beizuordnen.

1.3 Ziele

Im Rahmen des Arbeitspaketes 1.1 sollen diverse Studien und statistische Erhebungen hinsichtlich Mehrfamiliengebäuden gefiltert und in einer Matrix dargestellt werden. Aufgrund der teilweise sehr geringen Stichproben ist angestrebt, die Datenqualität durch Angaben der Wohnungswirtschaft (u.a. durch Umfragen in AP 1.2 und AP 1.4) zu unterstützen.

Ferner soll im Arbeitspaket untersucht werden, ob die Datensätze einzelner Typologien (bisher meist nach Baualterklassen kategorisiert) durch typische Grundrisse und Erschließungsformen – sowohl bezogen auf Bewohner, als auch auf die technische Infrastruktur – ergänzt werden können. Auch die Betrachtung von Fassadensystemen wäre wünschenswert.

Neben der Medienverteilung sind die eingesetzte Anlagentechnik sowie die Medienübergabe (insbesondere die Wärmeübergabe) für die nachfolgenden Arbeitsprozesse von Interesse. Eine diesbezügliche Ergänzung der Matrix wird angestrebt.

In allen o.g. Bereichen ist die in den letzten ca. zehn bis fünfzehn Jahren erfolgte Sanierungsentwicklung interessant. Es wird davon ausgegangen, dass hier Informationen von den beteiligten Wohnbaugesellschaften geliefert werden können.

2 Mögliche Quellen zur Bearbeitung

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 bekommen. 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/ seniorengerechte 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.

2.1 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 **B**uilding Stock Energy **A**ssessment“ (TABULA) für den Projektzeitraum von 2009- 2012 finanziert. Im Anschluss wurde das Folgeprojekt „Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the **C**ontinuous **O**ptimisation of Refurbishment **P**rocesses in **E**uropean 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/ CO₂- 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> (Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 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 Pendanten in der deutschen Wohngebäudetypologie (z.B.: MFH – MFH, AB – GMH etc.).

2.2 IWU- Projekt: Datenbasis Gebäudebestand

Das oben (vgl. Kap. 2.1) bereits kurz erwähnte 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.

2.3 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).

2.4 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.

2.5 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.

2.6 Forschungsprojekt INVERT/EE- Lab (TU Wien)

Im Rahmen des Projekts INVERT/EE- Lab der TU Wien wurden Gebäudebestandsdaten des IWUs mit Gebäudetechnikdaten verschnitten und modellbasiert fortgeschrieben. Für LowEx-Bestand: Analyse wurden disaggregierte Heizsystemdaten für Deutschland durch die TU Wien bereitgestellt.

2.7 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 Urban-

ReNet 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.

2.7.1 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.: Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV))(Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)). 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 1).

Tabelle 1 – Exemplarische Daten in Abhängigkeit der jeweiligen Anzahl der 16 Bundesländer, die diese auf bestimmte Art und Weise in ALKIS führen (wollen), Datenbasis: Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland - AK Liegenschaftskataster (ADV - AK LK) 2015

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

grün markierte Daten sind im Grunddatenbestand enthalten

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, Reihenhäuser, 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.

2.7.2 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. Hahmann 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 1). Gleiches gilt für Straßen- und Grundstücksflächen.



Abbildung 1 – 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- Wikis¹ 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.

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

Tabelle 2 – Auswahl an Werten für den Schlüssel „building“ und die Häufigkeit Ihrer Verwendung (bezogen auf alle Daten, Stand: 27.07.2017), Datenbasis: OSM- Wiki¹, Taginfo¹

Klasse	Wert	Erläuterung	Nutzung [%]
Andere/ Allgemein	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
Wohn- häuser	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

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

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 haben. Eine direkt einhergehende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wäre wünschenswert. Nachfolgend soll ein Überblick über gängige Merkmale gegeben werden, da sich sowohl diese Arbeit, als auch die darin genannten, diversen Quellen regelmäßig solcher Merkmale zur Kategorisierung bedienen. Inwiefern einzelne der nachfolgend aufgezählten Kategorien zu einer Präzisierung der bestehenden Gebäudematrizen genutzt werden können, wird im Fortgang der Arbeit untersucht.

3.1 Gebäudenutzung und Gebäudegröße

Die meisten Studien trennen den zugrundeliegenden Datensatz in einem frühen Stadium hinsichtlich der Gebäudenutzung auf (vgl. z.B. Studien von IWU oder Arge-SH). Die Unterscheidung ist sinnvoll, da die im Gebäude stattfindenden Prozesse unmittelbar Einfluss auf den Energieverbrauch des Gebäudes haben. In den meisten Betrachtungen wird zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden unterschieden.

Bei einer energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599 werden die Nichtwohngebäude in der Regel nach Nutzung zониert (Ausnahme: Einzonensmodelle). Im Wohnungsbau wird das Gebäude generell als Einzonensmodell 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 Bewohner, also der Nutzung, zusammenhängt, gelten die o.g. Phänomene auch direkt für die Gebäudegröße.

3.2 Baualter – Qualität der thermischen Gebäudehülle

Viele Studien (z.B. TABULA, EPISCOPE) verwenden zur Klassifizierung des Gebäudebestandes sog. Baualterklassen. Der Gebäudebestand wird meist entsprechend der baukonstruktiven Entwicklung innerhalb des Untersuchungsgebietes, also der in einem Zeitraum am häufigsten anzutreffenden typischen Gebäudehülle, eingeteilt. Neben so zumindest in Bereichen definierbaren Bauteilaufbauten und somit resultierenden Wärmedurchgangskoeffizienten, lässt sich mit dieser Unterteilung auch eine Aussage über die Dichtheit der Gebäudehülle treffen.

3.3 Anlagentechnik

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.

3.4 Bauform

Eine Vielzahl von Autoren begann schon sehr früh die Bauform von Gebäuden zu unterscheiden. Neben der Nutzung sind Größe, bauliche Struktur und Form (z.B. Dach) hauptsächliche Teilkriterien. Eine Übersicht über die gängigen Bauformen bietet z.B. das Werk Gebäudelehre (Schönfeld 1992).

3.5 Erschließung

Abhängig von der Gebäudenutzung ergibt sich häufig eine für den Nutzungszweck besonders gut oder schlecht geeignete Erschließungsform. Im nächsten Kapitel wird eine Übersicht über mögliche Erschließungsformen für Mehrfamiliengebäude gegeben. Allerdings wird aufgrund der Überlagerung mit externen Faktoren (wie Grundstückausrichtung/ -zuschnitt) bezweifelt, dass hierdurch eine allgemeingültige Klassifizierung abgeleitet werden kann.

4 Analyse des baulichen Bestandes

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. Nachfolgend wird i.d.R. der Bundesdurchschnitt genannt. Werden regionale Einzelaspekte untersucht, wird dies gesondert angegeben.

4.1 Verteilung des Gebäudebestandes anhand des Baualters

Vom IWU wurden in der deutschen Wohngebäudetypologie die Gebäude nach Größe unterschieden. Nachfolgend sollen die beiden den deutschen Mehrfamilienhausbestand beschreibenden Gruppen MFH – Mehrfamilienhäuser und GMH – Große Mehrfamilienhäuser eingehend betrachtet werden. MFH bezeichnet hierbei Gebäude mit 3 bis 12, GMH Gebäude ab 13 Wohneinheiten.

Wertet man die Daten der deutschen Wohngebäudetypologie (Loga et al. 2015, Tab. 4, S. 19) aus, so stellt man fest, dass die im Zeitraum von 1958 bis 1968 (entspricht der Baualtersklasse (BAK) E) erbauten Gebäude nach ihrer Gebäudeanzahl die größte Gruppe der vom IWU unterschiedenen, den deutschen Mehrfamilienhausgebäudebestand beschreibenden Baualtersklassen darstellt (vgl. farbige Markierung links in Tabelle 3). Sie sind gleichzeitig die Baualtersklasse mit den meisten Wohnungen und – bei absoluter Betrachtung – mit der meisten Wohnfläche. Berechnet 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 rechts in Tabelle 3). 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 Daten in o.g. Tabelle 4 allerdings noch nicht ergänzt.

Tabelle 3 – 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 [m ²]	WE/Geb.	Wohnfläche/WE [m ²]	Anzahl Geb.	Anzahl WE	Wohnfläche [m ²]	WE/Geb.	Wohnfläche/WE [m ²]
A	...- 1860	-	54.000	214.000	16.000.000	4	74,8	600	11.000	700.000	18	63,6
B	1861- 1918	57	442.000	2.177.000	163.000.000	5	74,9	28.700	526.000	35.800.000	18	68,1
C	1919- 1948	29	388.000	1.911.000	129.000.000	5	67,5	7.400	126.000	7.900.000	17	62,7
D	1949- 1957	8	356.000	2.003.000	125.000.000	6	62,4	17.300	308.000	17.000.000	18	55,2
E	1958- 1968	10	586.000	3.348.000	225.000.000	6	67,2	34.000	818.000	47.100.000	24	57,6
F	1969- 1978	9	412.000	2.313.000	169.000.000	6	73,1	50.100	1.366.000	86.700.000	27	63,5
G	1979- 1983	4	146.000	852.000	64.000.000	6	75,1	15.000	356.000	21.900.000	24	61,5
H	1984- 1994	10	309.000	1.826.000	133.000.000	6	72,8	28.700	605.000	34.800.000	21	57,5
I	1995- 2001	6	244.000	1.390.000	104.000.000	6	74,8	20.900	408.000	25.500.000	20	62,5
J	2002- 2009	7	85.000	461.000	39.000.000	5	84,6	7.600	151.000	10.400.000	20	68,9
A- J	...- 2009*	-	3,0 · 10 ⁶	16,5 · 10 ⁶	1,2 · 10 ⁹	-	-	0,2 · 10 ⁶	4,7 · 10 ⁶	0,3 · 10 ⁹	-	-

*gerundete Werte

4.2 Untersuchung des Baualters abhängig vom regionalen Einkommen

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 Einkommensteuerepflichtigen pro Bundesland in dreijährigem Abstand von 1992 bis 2010 ermittelt. Daraus wurde das mittlere Einkommen pro Einwohner errechnet. Die Werte wurden 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 definierte.

Trägt man nun die Länder sortiert nach ihrem Einkommensindex auf (vgl. Abbildung 2), so lässt sich für die westdeutschen Bundesländer keine eindeutige Tendenz feststellen.

In den ostdeutschen 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 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 %).

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.

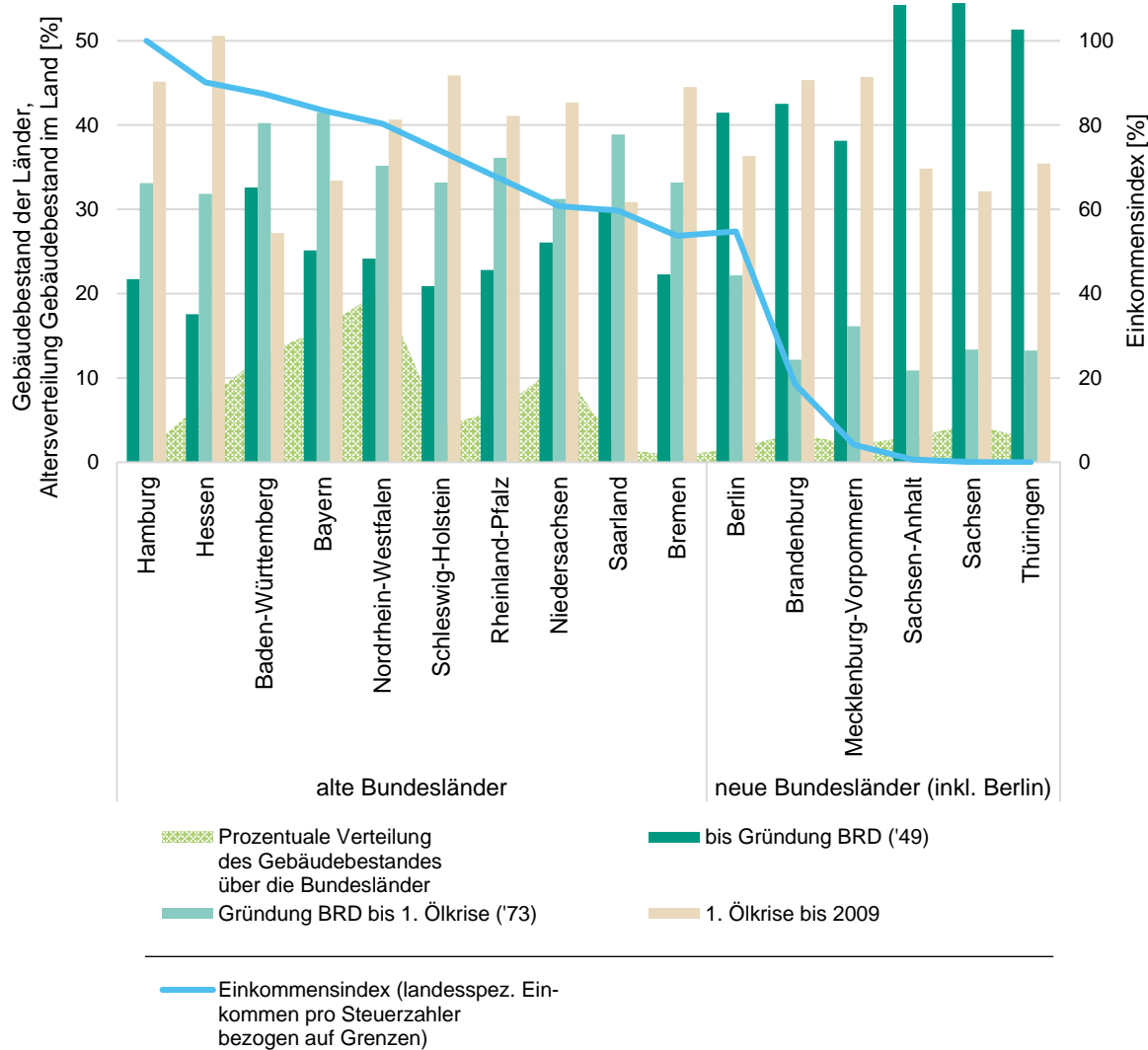


Abbildung 2 – Verteilung des Wohngebäudebestandes und des o.g. Einkommensindex über die Bundesländer und des Gebäudebestandes nach Baualter in den Bundesländern

4.3 Gebäude- und Erschließungsformen

Abhängig von der städtebaulichen Umgebung (Nachbarbebauung, Erschließung, Verschattung etc.) sind diverse Bauformen möglich. Innerhalb der Baukörper lassen sich dann wiederum unterschiedliche Erschließungsformen realisieren. Nachfolgend soll ein kurzer Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten gegeben werden.

4.3.1 Siedlungsstrukturen im Geschosswohnungsbau

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 3, links). Circa um die Jahrhundertwende wurde die Idee der Zeilenbebauung, mit gleichmäßiger Orientierung zu Luft und Sonne realisiert (vgl. Abbildung 3, 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 praktisch unmöglich.

Im Bereich großer Mehrfamilienhäuser gibt es zudem die noch die Form des Scheiben- und Punkt(hoch)hauses.

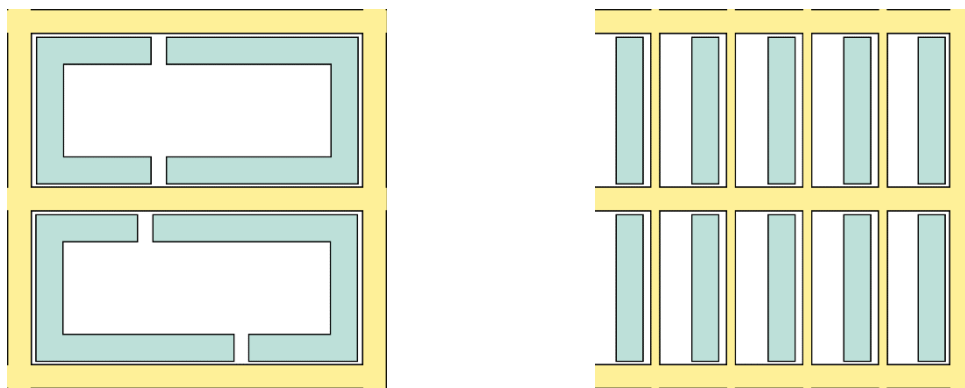


Abbildung 3 – Häufige Bauformen für Mehrfamilienhäuser: Blockrand- (links) und Zeilenbebauung (rechts)

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 Datenbasis Gebäudebestand (Diefenbach et al. 2010, S. 43) sind etwa 41 % der Mehrfamilienwohngebäude freistehend und ca. 59 % in geschlossener Bebauung (gem. BauNVO) errichtet. Bei den aneinandergereihten (auch: gekuppelten) Gebäuden sind mit 53 % etwas mehr Endhäuser, als Mittelhäuser vorhanden.

Für die o.g. hauptsächlich relevanten Siedlungsstrukturen kann man aus dem Forschungsbericht „Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungs-systemen“ (Roth 1980) Angaben zur Grundflächen- (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ) sowie das Verhältnis von Hüllfläche zu Volumen (A/V) ermitteln (vgl. Tabelle 4). 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, Zugwege, Zufahrten, Tiefgaragen und überdachte Stellplätze unberücksichtigt blieben (Bauaufsicht und Stadtplanungsamt (Stadt Frankfurt a. M.) 2016).

Tabelle 4 – Städtebauliche Gebäudeparameter nach Roth (Roth 1980)

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

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

Im Projekt UrbanReNet der TU Darmstadt wurden (in Kap. 3 „Typisierung von Stadträumen“) 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 5). Farbig hinterlegt sind die Stadtraumtypen, die laut der Studie (u.U. neben Gewerbeflächen) ausschließlich die Wohnbauform des Mehrfamilienhauses (also keine Ein- und Zweifamilienhäuser) beinhalten.

Tabelle 5 - Städtebauliche Gebäudeparameter gem. UrbanReNet (nur Median- Werte)

Bez.	Erläuterung (Verteilung des Wohnanteils auf EFH/ MFH)	Anzahl Geschosse	A/V	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.

Betrachtet man diese Typen genauer, stellt man fest, dass sie sich in weiten Teilen mit denen von Roth decken. Grob kann man feststellen, dass die energetischen Stadtraumtypen EST1 bis EST5 vorrangig der Nutzung Wohnen dienen, die Typen EST6 bis EST8 eine Mischnutzung ermöglichen,

in den Typen EST9 und EST10 die gewerbliche Nutzung (einschließlich Büro) überwiegt und die Stadtraumtypen EST11 bis EST13 den Freiraum beschreiben.

Laut Glossar 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 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 4.3.2) ausgewiesen.

Sollten im Rahmen der weitergehenden Arbeiten mehrere Varianten für einen Siedlungstyp modelliert und simuliert werden, können dem o.g. Abschlussbericht zum Projekt UrbanReNet (insbesondere Anlage 2) auch Quantilswerte, sowie Minima und Maxima zur statistischen Verteilung entnommen werden.

4.3.2 Versiegelungsgrad der Grundstückspartellen/ Art der Freiflächen

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 ohne weiteres möglich ist. Dies hängt stark von der verfügbaren unbebauten und u.U. auch unversiegelten Fläche ab. Im Projekt UrbanReNet wurden die versiegelten Flächen und die Freiflächen für die das Nettobauland beschreibenden Partellen abhängig vom energetischen Stadtraumtyp ermittelt. Eine Übersicht ist nachfolgend in Tabelle 6 abgedruckt. Man erkennt, dass die Versiegelung der Partellenfläche (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 o.g. Stadtraumtypen in denen die Wohnbebauung ausschließlich von Mehrfamiliengebäuden geprägt ist (EST3- EST5 und EST8, vgl. Markierung in Tabelle 6), so stellt man erwartungsgemäß fest, dass insbesondere die Stadtraumtypen 3 (Zeilenbebauung mit niedriger bis mittlerer Geschossigkeit) und 4 (großmaßstäbliche Bebauung hoher Geschossigkeit) große Freiflächenanteile haben, die wiederum weitestgehend unversiegelt (Anteil an der Partellenfläche bei EST 3: 65% und bei EST4: 69%) und größtenteils (allgemeines Grün) leicht für Baumaßnahmen zugänglich sind. 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 (EST 5) ist der Freiflächenanteil (mit 56% der Partellenfläche) deutlich geringer und eine Erschließung mit Erdsonden aufgrund des wesentlich höheren Versiegelungsgrades der Freiflächen (etwa 25% der Partelle sind unversiegelt, etwa 21% versiegelt) deutlich aufwendiger – jedoch prinzipiell denkbar.

Beim energetischen Stadtraumtyp 8 (Innenstadtbebauung) ist aufgrund des hohen Überbauungsgrades der Grundstücke mit Gebäuden eine Erschließung geothermischer Wärmequellen als nicht praktikabel einzustufen.

Tabelle 6 – Stadtraumtypen und davon abhängige Versiegelungs-/ Freiflächengrade

Bez.	Versiegelte Parzellenfläche [%]			Freifläche (nicht überbaut) [%]		
		davon überbaut [%]	davon beheizt / unbeheizt [%]		davon unversiegelt [%]	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

4.3.3 Erschließungsformen im Geschosswohnungsbau

In Deutschland wurde bereits in der jungen Bundesrepublik intensiv an der Grundrisslehre geforscht. Grundsätzlich lässt sich die Erschließung in Treppenhauserschließungen (die sog. Spannertypen) 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“ (Völckers 1949, S. 87, Beispiele: S. 88 ff.) aus dem Jahre 1949 werden zum Beispiel bereits die Erschließungsformen Zwei- Vierspänner, Doppelgeschosswohnung und Außen-ganghaus beschrieben. In der aktuellen Literatur findet man meist eine Definition ähnlich derer im Planungsatlas (Heisel 2016, S. 130 ff.) von Prof. Dr.-Ing. Heisel.

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 4). Hierbei sind besonders die Drei- und Vierspänner sehr wirtschaftlich realisierbar.

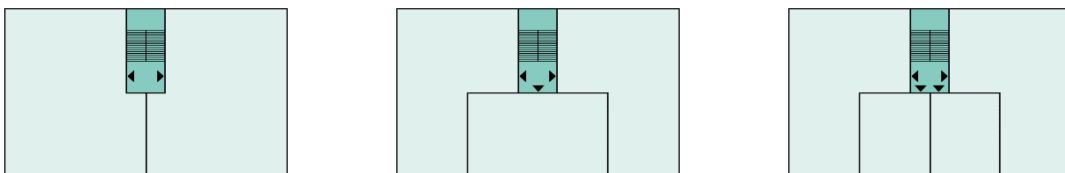


Abbildung 4 – Schematische Darstellung von Zwei- Drei- und Vierspänner

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 Spannertypen 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 5, links). Bei der Innengangerschließung werden beidseitig an einen innenliegenden Gang Räume angelagert (s. Abbildung 5, rechts).



Abbildung 5 – Schematische Darstellung von Außen- und Innengangerschließung

Die Gangerschließung kann beinahe beliebige Ausdehnungen annehmen. Eine wesentliche interne Begrenzung bildet zumeist lediglich die Fluchtweglänge.

Die o.g. horizontalen Erschließungsformen können natürlich auch mit Maisonettewohnungen 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).

Nach Schönfeld (Schönfeld 1992) kann man zudem grob zuordnen, welcher Gebäudetyp mit welcher Erschließungsform kompatibel ist. Nachfolgend ist in Tabelle 7 eine entsprechende Übersicht zu finden, auf die hier jedoch aufgrund der beträchtlichen Unschärfe nicht weiter eingegangen werden soll.

Tabelle 7 – Zuordnung von Gebäudetypen und Erschließungsformen nach Schönfeld (Schönfeld 1992)

	Außen- gang	Innen- gang	Ein- spanner	Zwei- spanner	Drei- spanner	Vier- spanner	Mehr- spanner
Wohnblock			x	x	x	x	
Außengang- haus	x						
Innengang- haus		x					
Terrassen- haus	x			x	x	x	
Hügelhaus		x		x	x		
Zellenhaus		x					
Punkthaus						x	x
Scheiben- haus	x	X					x

In „Baukonstruktion im Klimawandel“ wurden Mehrfamiliengebäude hinsichtlich Ihrer Baustruktur betrachtet. „[...] Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen mit vergleichbaren Bebauungsstrukturen [...]“ wurde dabei angestrebt (Fahrion et al. 2016, S. 23). Der Fokus lag 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

Wertet man die gegebenen Planausschnitte sowie die beschreibenden Texte (ggf. auch unter Zuhilfenahme der weiterführenden Beschreibungen in der gleichnamigen Dissertation von Herrn Nikolowski (Nikolowski 2014) hinsichtlich Erschließungsform und enthaltenen Wohnungsgrößen aus, ergibt sich folgendes Bild (vgl. Tabelle 8).

Man sieht deutlich, dass die häufigste Erschließungsform in den charakteristischen Mehrfamiliengebäuden Zwei- und Dreispänner mit jeweils 2 bis 3 Zimmerwohnungen sind.

Tabelle 8 – Gebäudeerschließung der Beispielgebäude aus den Veröffentlichungen „Baukonstruktion im Klimawandel“ vor und nach der Sanierung nach Gebäudealter; Datenbasis: Nikolowski 2014, S. 44 ff. und Fahrion et al. 2016, S. 32 ff.

BAK ¹	Vor Sanierung		Nach Sanierung			
	Erschließungsform	Wohnungen pro Geschoss		Erschließungsform	Wohnungen pro Geschoss	
1870-1918	Zweispänner	k.A.		Dreispänner	1x EG ²	1x 2 Zi., 1x 3 Zi.
					3x OG	1x 1 Zi., 2x 2 Zi.
					2x DG ^{2,3}	1x 1 Zi./ 2 Zi./ 3 Zi.
1918-1945	Dreispänner	1x EG ²	1x 3 Zi., 2x 2 Zi.	Dreispänner	1x EG ²	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 ²	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 ^{2,4}	2 WE ⁵			

¹ Baualtersklassen nach Nikolowski

² Grundriss weicht vom Regelgeschoss ab

³ Maisonette und Spitzboden

⁴ Zweites DG als Dachboden vorhanden

⁵ Die Zimmerzahl ist auf Basis des zur Verfügung stehenden Materials nicht ermittelbar

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

4.4 Typische Grundrissorganisation häufiger Bauformen

Im vorangehenden Kapitel wurde ermittelt, dass im Mehrfamilienhausbau häufig die Erschließungsformen des Zwei- und Dreispanners gewählt werden. 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 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 sie weiter eingegangen werden.

Im ersten Schritt wurden die o.g. Grundrissgruppen in Leitformen zerlegt. Hierbei wurde nur die Anzahl der Haupträume sowie die Lage von Verkehrs- und Versorgungsflächen berücksichtigt. Die so für jede Grundrissgruppe ermittelten Leitformen wurden hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens ausgewertet. Die am häufigsten auftretenden Leitformen (Übersicht vgl. Abbildung 6) wurden weiter untersucht. Es wurden jeweils Varianten für die Lage der Schlafräume, des Wohnraumes, der Küche, der Bäder und WCs, der Flure und Freisitze ermittelt und dargestellt. Auch diese Varianten wurden hinsichtlich der Häufigkeit ihres Vorkommens ausgewertet.

Zweispänner

<table border="1"> <tr><td>S (W)</td><td>W (S)</td></tr> <tr><td>K (B)</td><td>B (K)</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: right;">T</td></tr> </table>	S (W)	W (S)	K (B)	B (K)	T		<table border="1"> <tr><td>W (S)</td><td>K (B)</td><td>B (K)</td></tr> <tr><td>S</td><td>S (W)</td><td>T</td></tr> </table>	W (S)	K (B)	B (K)	S	S (W)	T	<table border="1"> <tr><td>S (W)</td><td>S (W)</td></tr> <tr><td>W (S)</td><td>K (B)</td></tr> <tr><td>B (K)</td><td>T</td></tr> </table>	S (W)	S (W)	W (S)	K (B)	B (K)	T
S (W)	W (S)																			
K (B)	B (K)																			
T																				
W (S)	K (B)	B (K)																		
S	S (W)	T																		
S (W)	S (W)																			
W (S)	K (B)																			
B (K)	T																			
Z1 – 2- 3 Räume	Z2 – 3- 4 Räume	Z3 – 3- 4 Räume																		
<table border="1"> <tr><td>S</td><td>B</td><td>S</td></tr> <tr><td>W</td><td>K</td><td>T</td></tr> </table>	S	B	S	W	K	T	<table border="1"> <tr><td>S (W)</td><td>S (W)</td><td>S (W)</td></tr> <tr><td>W (S)</td><td>K (B)</td><td>B (K)</td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: right;">T</td></tr> </table>	S (W)	S (W)	S (W)	W (S)	K (B)	B (K)	T						
S	B	S																		
W	K	T																		
S (W)	S (W)	S (W)																		
W (S)	K (B)	B (K)																		
T																				
Z4 – 3- 4 Räume	Z5 – 4- 5 Räume																			

Dreispänner

<table border="1"> <tr><td>S (W)</td></tr> <tr><td>W (S)</td><td>K (B)</td><td>B (K)</td><td>T</td></tr> </table>	S (W)	W (S)	K (B)	B (K)	T	<table border="1"> <tr><td>S</td><td>K (B)</td><td>B (K)</td><td>W</td></tr> <tr><td colspan="4" style="text-align: center;">T</td></tr> </table>	S	K (B)	B (K)	W	T			
S (W)														
W (S)	K (B)	B (K)	T											
S	K (B)	B (K)	W											
T														
D1 – 2- 3 Räume (Seite)	D1 – 2- 3 Räume (Mitte)													

S	Schlafzimmer	K	Küche	T	Treppenhaus
W	Wohnzimmer	B	Bad		

Abbildung 6 – Schematische Darstellung der Leitformen n. Spengemann: typ. Raumanordnungsmöglichkeiten entlang einer (die Erschließung beinhaltenden) Wohnungsmittelachse für Zwei- und Dreispänner

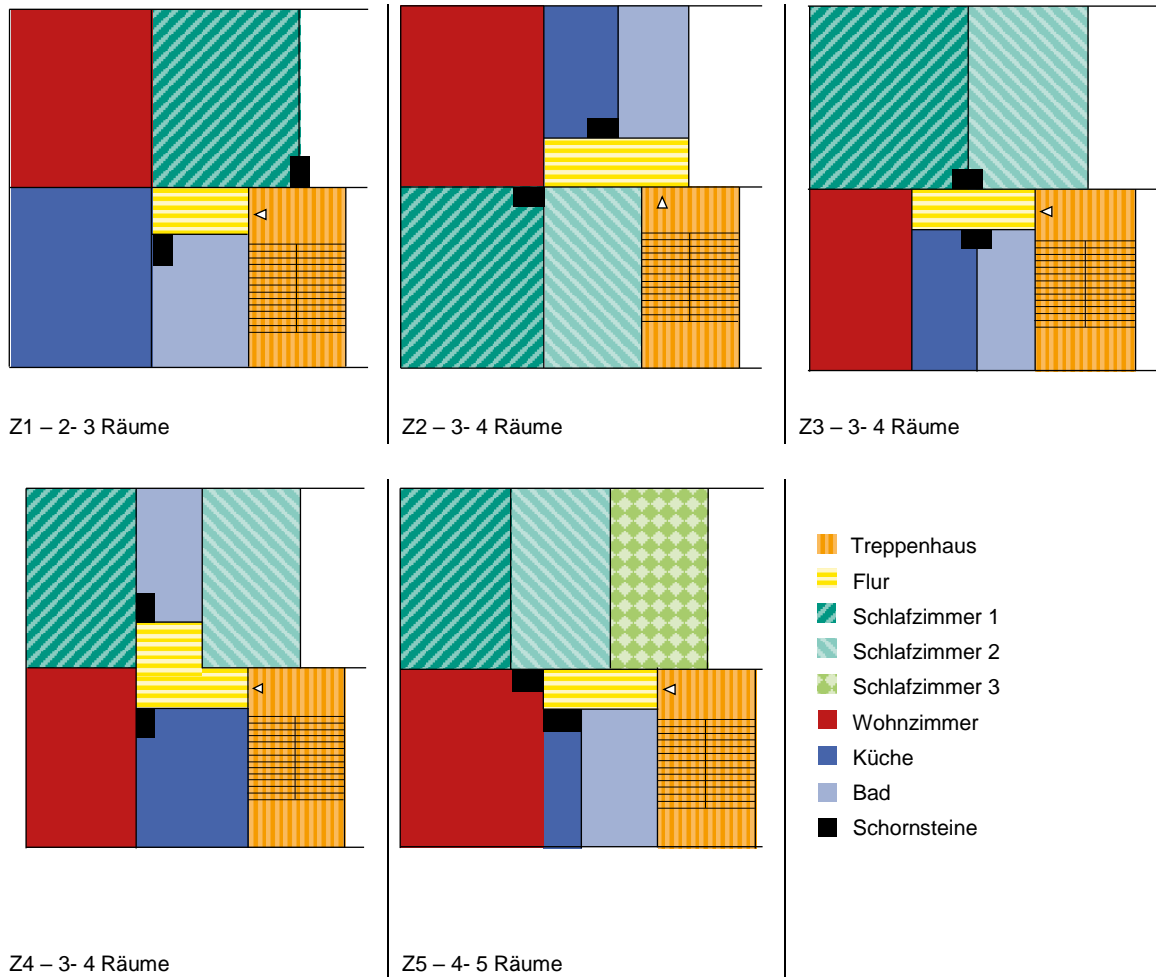
Im Rahmen dieser Arbeit wurden die jeweils am häufigsten auftretenden Anordnungen der einzelnen Raumtypen miteinander kombiniert und als schematische Grundrisse in Abbildung 7 dargestellt. Zudem wurde in diese Darstellung die Lage von Schornsteinen (aus der Auswertung der Wandgliederungen) aufgenommen. 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 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.

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 (ebenda), 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 (z.B.: Singlehaushalte, Wohngemeinschaften etc., vgl. Häußermann und Siebel 2000, S. 322 ff. (Häußermann und Siebel 2000, 322 ff.)). Die sich sichtlich verändernden „[...] Lebensstile bedingen [somit] Wohnformen jenseits der klassischen abgeschlossenen Kleinwohnung mit Wohn- Schlaf- und Kinderzimmer.“ (Hannemann 2014, S. 42)

Zweispänner



Dreispänner

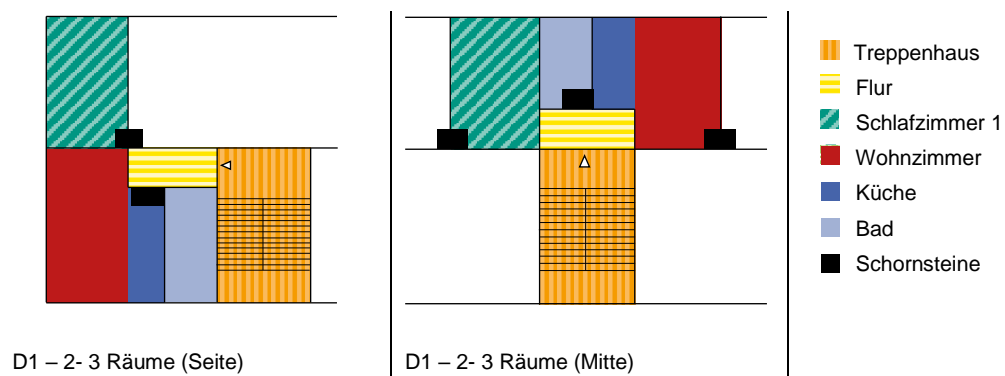


Abbildung 7 – häufigste Raumanordnungen in Zwei- und Dreispännern gem. Grundrissatlas (Spengemann und Hauff 1955, S. 109 ff.)

4.5 Größen von Gebäuden und Wohnungen

In den nachfolgenden Abschnitten wird die Größe von Gebäuden und Gebäudeteilen beschrieben. Begonnen wird mit einer Auswertung auf Gebäudeebene.

Anschließend wird die Wohnungsgröße beschrieben. Neben der statistischen Auswertung des Pro-Kopf- Platzbedarfs wird das Existenzminimum als klassifizierende Größe beschrieben.

Die letzte Betrachtungsebene bildet die Raumebene. Es werden Größen typischer Wohnräume ermittelt und dargestellt.

4.5.1 Stockwerksanzahl und obere/ untere Gebäudeabschlüsse nach BAK

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- 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 9 - Gebäudegröße, oberer/ unterer Gebäudeabschluss

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

Erläuterung der Abkürzungen:

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.

4.5.2 Geschossanzahl in Abhängigkeit der Wohnungsanzahl

Im Projekt „Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden“ 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 (Loga et al. 2005, S. 16). 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 Teile gleiche Vollgeschosseanteile haben. Wobei u.U. zu erwarten ist, dass vor allem Geschosse mit einer höheren Anzahl an Wohneinheiten mehr Vollgeschosse besitzen, als Gebäude mit wenigen Wohneinheiten.

Unter o.g. 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.

Tabelle 10 – Geschossanzahl abhängig von der Gebäudekategorie, Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 17 und Loga et al. 2005, S. I-6

Anz. WE	Kategorie nach IWU-Gebäudetypologie ¹	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 3 ⁴ (n= 401)	0 %	6 %	35 %	47 %	12 %	0 %			
13- 20	großes Mehrfamilienhaus	Gruppe 3 ⁴ (n= 401)	0 %	6 %	35 %	47 %	12 %	0 %			
21- 40		Gruppe 4 ^{***} (n= 38)	0 %	3 %	24 %	26 %	16 %	8 %	3 %	13 %	8 %
...		Gruppe 5 (n= 13)	0 %				23 %	0 %	8 %	0 %	31 %

¹ vgl. (Loga et al. 2015, S. 17)

² vgl. Tab. 3 (Loga et al. 2005, S. I-6), 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

4.5.3 Wohnungsgrößen

4.5.3.1 Das Existenzminimum – Minimalmaße für Wohnflächen

Anhand diverser Meilensteine lässt sich ablesen, dass seit dem zweiten Congrès International d'Architecture Moderne (CIAM) mit dem Kongresstitel „Die Wohnung für das Existenzminimum“ im Jahr 1929 immer wieder die Frage nach dem minimal notwendigen Platzbedarf für das Wohnen gestellt wird. Bereits 1930 wurde die Richtlinie zum Reichswohnprogramm herausgegeben. Darin werden Kleinstwohnungen ab 32 m² Wohnfläche propagiert (Prange 1991, S. 238). Am 10.01.1931 folgte die Veröffentlichung von „Reichsgrundsätzen für den Kleinwohnungsbau“. In den Jahren 1950 und 1956 wurden in der jungen Bundesrepublik das 1. und 2. Wohnbaugesetz novelliert. Im Jahr 1951 wurde erstmalig die DIN 18011 vom Deutschen Institut für Normung herausgegeben, im Jahr 1967 wurde sie überarbeitet. Darin wurden, dem Titel entsprechend, „Stellflächen, Abstände und Bewegungsflächen im Wohnungsbau“ geregelt und somit Minimalmaße für den Wohnungsgrundriss definiert. Nach dem ersatzlosen Zurückziehen der DIN 18011 im Jahr 1990 ist es schwer, klare Definitionen für Mindestraumgrößen zu finden. Anhaltspunkte können das 2001 novellierte Wohnraumförderungsgesetz und die zugehörige nachrangige Gesetzgebung der Länder oder die Sozialgesetzgebung (z.B. SGB II) geben. Allerdings wird aufgrund der Deregulierung dort häufig nur noch der Begriff der Angemessenheit verwendet.

4.5.3.2 Entwicklung der mittleren Wohnfläche/ Wohnungsgröße in Mehrfamilienhäusern

Auf Basis der vom statistischen Bundesamt (Statistisches Bundesamt (DESTATIS) 2016) bereitgestellten Daten lässt sich die Entwicklung der Wohnfläche in Mehrfamilienhäusern, sowie die Wohnfläche pro Bewohner in der Bundesrepublik Deutschland nachvollziehen (vgl. Abbildung 8).

Im westdeutschen Bundesgebiet wuchs die mittlere Wohnfläche demnach von 1986 bis 2014 um ca. 4,1 m² auf 71,3 m². 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 m² 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 m² pro Wohneinheit. Dies entspricht einer Steigerung um 7,5 %. Dennoch liegt die Wohnfläche pro Wohneinheit mit knapp 64 m² deutlich unter der in den westdeutschen Ländern.

Im gesamten Bundesgebiet stieg die mittlere Wohnfläche von 1994 bis 2014 um ca. 3,8 m². Die mittlere jährliche Steigerung pro Wohnung beträgt für den Zeitraum von 1999 bis 2014 in etwa 0,19 m².

Betrachtet man die Wohnfläche, die einem Einwohner im Bundesgebiet unabhängig vom Wohngebäude statistisch zur Verfügung steht, so ergibt sich, dass sie von 36,2 m² im Jahre 1994 um 28,5 % auf 46,5 m² im Jahr 2014 gestiegen ist. Man sieht deutlich, dass die Wohnfläche pro Wohneinheit in Mehrfamiliengebäuden deutlich langsamer wächst, als die Wohnfläche pro Einwohner im Bundesmittel.

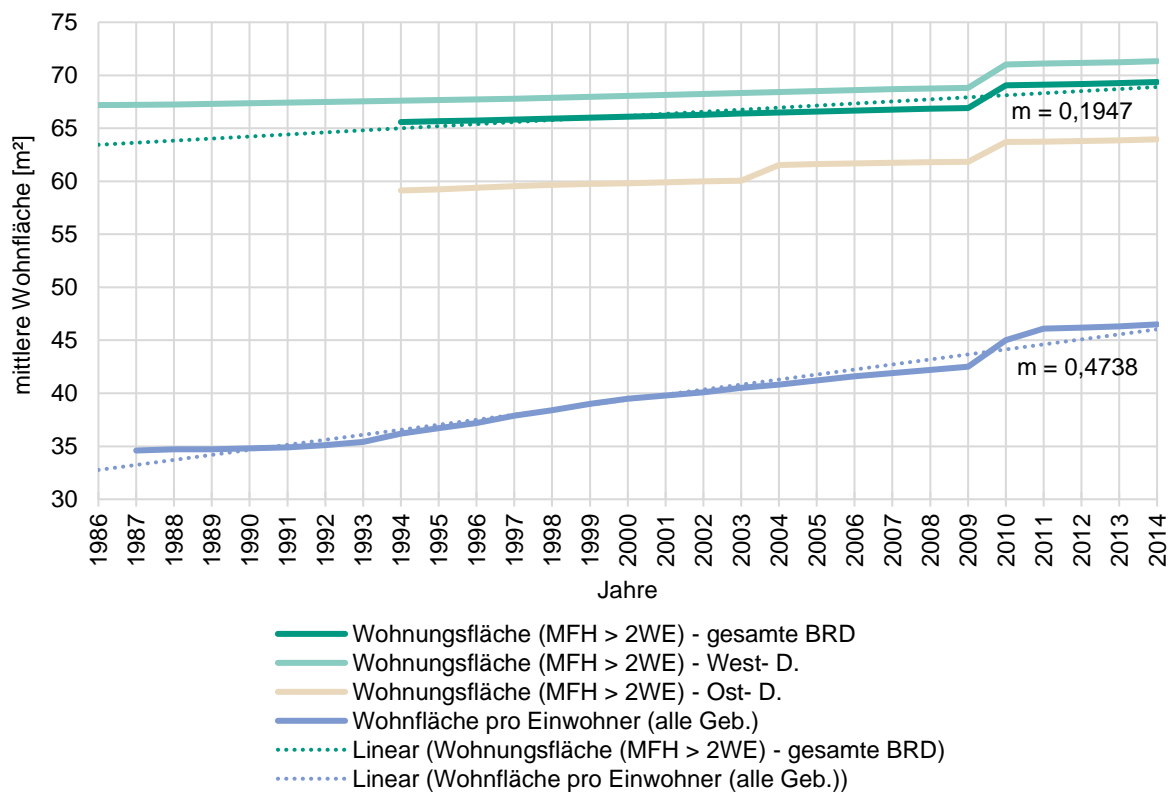


Abbildung 8 – Entwicklung der mittleren Wohnungsgröße in MFH (≥ 3 WE) und der Wohnfläche pro Einwohner in der BRD ab 1986; Quelle: Statistisches Bundesamt (DESTATIS) 2016

Wertet man die Daten des Zensus 2011 hinsichtlich der Wohnungsgröße aus, stellt man fest, dass etwa Zweidrittel der Mietwohnungen in Gebäuden mit mehr als drei Wohneinheiten eine Wohnungsgröße von 40- 79 Quadratmeter haben (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011c).

Tabelle 11 - Wohnfläche der Mietwohnungen in Wohngebäuden > 3 Wohneinheiten (ohne Wohnheime); Basis: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011c

Wohnfläche [m²]	< 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 Quadratmetern Grundfläche hinsichtlich der Anzahl der Räume (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011b) und hinsichtlich der 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 m² 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 praktisch alle betrachteten Wohnungen eine als abgeschlossenen Raum ausgebildete Küche haben, ergibt sich, dass bei den Wohnungen mit einer Flä-

che von 40 bis 49 Quadratmetern Wohnfläche mit einem Anteil von 89 % vorrangig Ein- und Zweizimmerwohnungen (zzgl. Küche, Bad) am MFH- Mietwohnungsmarkt vorhanden sind. Wohnungen mit 50 bis 59 Quadratmetern sind mit einem Anteil von etwa 98 % Ein- bis Dreizimmerwohnungen. Wohnungen mit einer Grundfläche von 60 bis 69 bzw. 70 bis 79 Quadratmetern sind jeweils mit ca. einem Anteil von 86 % Zwei- bis Dreizimmerwohnungen (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12 – Raumanzahl abhängig von der Wohnungsgröße; Basis: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011a und Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011b

Grundfläche der Wohnung [m ²]	Anzahl der Räume					Anteil markierter Bereiche [%]
	1 Raum	2	3	4	5 und mehr	
	Räume					
40- 49	156.374	818.315	1.060.276	75.398	6.442	88,7
50- 59	30.052	684.824	1.807.631	629.626	25.864	98,2
60- 69	10.523	328.020	1.435.961	1.341.078	126.937	85,6
70- 79	6.566	80.048	748.858	1.392.414	259.828	86,1

4.5.4 Haushaltsgrößen

Im Projekt UrbanReNet (Hegger et al. 2012, S. 119) wurde versucht die Verteilung der Haushaltsgrößen in Abhängigkeit des Gebäudetyps zu ermitteln (vgl. dortige Abb. 100). Zur Betrachtung wurden Daten des Statistischen Bundesamtes sowie eigene Berechnungen herangezogen. Für Mehrfamilienhäuser konnte ermittelt werden, dass die Mehrzahl der darin befindlichen Haushalte Ein- (49,18 %) und Zweipersonenhaushalte (31,83 %) sind. Drei- (10,71 %), Vier- (6,17 %) und Mehrpersonenhaushalte (2,11 %) spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Wertet man die in Kapitel 4.5.3.2 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 Quadratmetern 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 m² ist der Anteil der von Paaren (mit und ohne Kinder) bewohnte Anteil am größten (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13 – Bewohnergruppen nach Größe der MFH- Mietwohnung

Grundfläche der Wohnung [m ²]	Einpersonenhaushalte [%]	Einpersonenhaushalte mit Kinder [%]	Einpersonenhaushalte mit/ ohne Kinder [%]	Zweipersonenhaushalte ohne Kindern) [%]	Zweipersonenhaushalte mit Kinder) [%]	Zweipersonenhaushalte mit/ ohne Kinder) [%]	Mehrpersonenhaushalte ohne Kernfamilie [%]
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

4.6 Raumgrößen

Im Jahr 1955 wurde von den Herren Spengemann und Hauff 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 und Hauff 1955, S. 13)

Nachfolgend findet sich in Tabelle 14 eine Übersicht über die dort angegebenen Raumgrößen. Ferner wurden die Raumgrößen mit dem aus Kapitel 4.5.3.2 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 Bau-Handbuch 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 Einbauende der 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 m² erhöht werden muss.

Tabelle 14 – Typische Raumgrößen (Hochrechnung), Datenbasis: Spengemann und Hauff 1955, S. 13 und RWE Bau-Handbuch 2010, S. 19/2 f.

Raum		1955	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020								
Nutzung	Spezifikation	Raumfläche [m ²]															
		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
Elternschlafzimmer	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 ¹	ohne Ofen, mit Einbauschränk, 1 AP ²	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 ²	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 ²	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 ²	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
Zwei- Betten-Zimmer ¹	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															

¹ Falls ein Einzelofen im Raum vorhanden ist, ist die Raumfläche (min./ max.) jeweils um 1 m² zu erhöhen

² AP: Arbeitsplatz

4.6.1 Abschätzung des minimalen Platzbedarfs von Treppenhäusern

Bei den Gebäude- Simulationen im Rahmen des Arbeitspakets 3.1 ist (Stand: 10/2017) geplant, zwischen konditionierten und unkonditionierten Zonen innerhalb der thermischen Gebäudehülle zu unterscheiden. Ferner wird aktuell untersucht, ob es u.U. sinnvoll ist die Gebäude noch in Geschoss-scheiben aufzuteilen. Hierfür ist es erforderlich die Fläche des – zumeist unkonditionierten – Treppenhauses zu kennen. Die Treppenhausfläche ist in der Literatur nur schlecht gefasst. 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 15).

Tabelle 15 – 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
Musterbauordnung (MBO) ¹	§34, Abs. 5	Die nutzbare Breite der Treppenläufe und Treppenabsätze notwendiger Treppen muss für den größten zu erwartenden Verkehr ausreichen.
Baden- Württemberg (LBO BW) ²	§28, Abs. 1	
Bayern (BayBO) ³	Art. 32, Abs. 5	
Berlin (BauO Bln) ⁴	§34 Abs. 5	
Brandenburg (BbgBO) ⁵	§34 Abs. 5	
Bremen (BauO BR) ⁶	§34, Abs. 5	
Hamburg (HBauO) ⁷	§32, Abs. 5	
Hessen (HBO) ⁸	§30, Abs. 4	
Mecklenburg- Vorpommern (LBauO M-V) ⁹	§34, Abs. 5	
Niedersachsen (NBauO) ¹⁰	§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).
Nordrhein- Westfalen (BauO NRW) ¹¹	§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.
Rheinland- Pfalz (LBauO) ¹²	§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.
Saarland (LBO SL) ¹³	§34, Abs. 4	Die nutzbare Breite der Treppenläufe und Treppenabsätze notwendiger Treppen muss für den größten zu erwartenden Verkehr ausreichen.
Sachsen (Sächs BO) ¹⁴	§34, Abs. 5	
Sachsen- Anhalt (BauO LSA) ¹⁵	§33, Abs. 5	
Schleswig- Holstein (LBO SH) ¹⁶	§35, Abs. 5	
Thüringen (ThürBO) ¹⁷	§34, Abs. 5	

Datenbasis:

¹ Bauministerkonferenz (BMK), ² Land Baden- Württemberg, ³ Land Bayern, ⁴ Land Berlin, ⁵ Land Brandenburg, ⁶ Land Bremen,

⁷ Land Hamburg, ⁸ Land Hessen, ⁹ Land Mecklenburg- Vorpommern, ¹⁰ Land Niedersachsen, ¹¹ Land Nordrhein- Westfalen, ¹² Land Rheinland- Pfalz, ¹³ Land Saarland, ¹⁴ Land Sachsen, ¹⁵ Land Sachsen- Anhalt, ¹⁶ Land Schleswig- Holstein, ¹⁷ Land Thüringen

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 1,00 m als minimale lichte Breite genannt.

Neben den gesetzlichen Vorgaben in den Bauordnungen gibt es mit der DIN 18065:2015-03 eine aktuelle Norm, die Extremwerte definiert. Neben der Laufbreite werden dort minimale und maximale Steigungs- und Auftrittsmäße sowie das Steigungsverhältnis vorgegeben (vgl. Tabelle 16).

Tabelle 16 – Extremwerte für Treppen definierende Parameter nach DIN 18065:2015-03

[mm]	Steigung (s)	Auftritt (a)	Steigungsverhältnis (2s+a)
minimal	140	260	590
maximal	190	370	650

Nachfolgend sollen auf dieser Basis exemplarisch Flächen gängiger Treppenhausgrundrisse ermittelt werden: Die Varianten umfassen eine zweiläufige Treppe mit minimalem Treppenauge (vgl. Abbildung 9, Variante A), sowie zwei Varianten einer barrierefreien Erschließung mit einem Aufzug im Treppenauge (vgl. Abbildung 9, Variante B u. C).



Abbildung 9 – 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.

Für die Beispiele werden Geschosshöhen (gemessen von Oberkante des Fertigfußbodens des unteren Geschosses bis zur Oberkante des Fertigfußbodens des darüber liegenden Geschosses) von 2,80 m, 3,00 m und 3,20 m zugrunde gelegt (vgl. Abbildung 10).

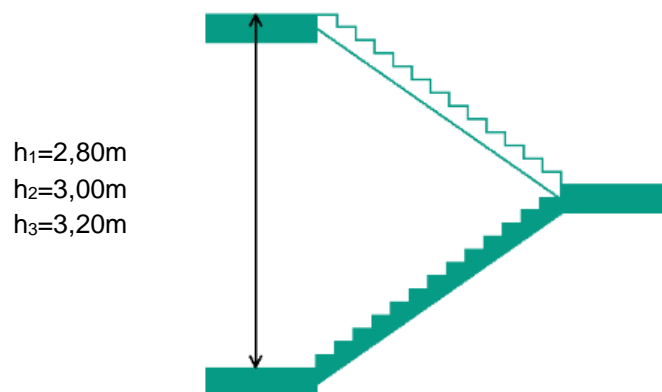


Abbildung 10 – Betrachtete Geschosshöhen

Dadurch ergeben sich unterschiedliche Treppenaufflächen (vgl. Tabelle 17). Die Tiefe des Treppenaufpodestes (Haupt- und Zwischenpodest) wird immer der Treppenaufbreite gleichgesetzt. Da von Hauptpodesten in der Regel die Wohnungszugänge abgehen, ist davon auszugehen, dass diese häufig etwas größer ausfallen, als die Zwischenpodeste.

Tabelle 17 – Ermittlung der Treppenaufflächen (grün markiert: Minima und Maxima), gerundet auf 1m²

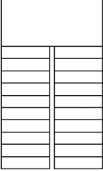
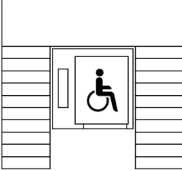

Eingangsparameter	s	a	Anzahl resultierender Stufen			Treppenauffläche [m ²] bei Laufbreite 1,00m (im Lichten) und 20cm Geländer an Treppenauge 20cm Geländer an Treppenaug und 10cm Handlauf an Wänden					
			bei h ₁	bei h ₂	bei h ₃	bei h ₁	bei h ₂	bei h ₃	bei h ₁	bei h ₂	bei h ₃
Auftritt minimal und Steigungsverhältnis 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

h₁= 2,80m; h₂=3,00m; h₃=3,20m

Im Folgenden soll die ungefähre minimale notwendige Gesamttreppenhäusfläche ermittelt werden. Es wird also die minimale Treppenauffläche 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 Meter vorgesehen werden muss, sich also das Hauptpodest auf dieser Seite in seiner Breite erhöht.

Aus den o.g. Parametern resultieren die nachfolgend in Tabelle 18 dargestellten minimalen Raumgrößen für Treppenhäuser. Man erkennt, dass nicht barrierefreie Treppenhäuser, abhängig von der Geschosshöhe, zwischen 22 und 29 Quadratmeter Platz benötigen. Bei Treppenhäusern mit Aufzug beträgt der Platzbedarf etwa zwischen 26,5 und 33,5 Quadratmeter. 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 Meter Kantenlänge vor dem Aufzug vorhalten zu müssen.

Tabelle 18 – Ermittlung von Treppenhausflächen, Treppenaufflächen auf 1m², Podestflächen auf 0,5m² gerundet

[m ²]		 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 h ₁	bei h ₂	bei h ₃	bei h ₁	bei h ₂	bei h ₃	bei h ₁	bei h ₂	bei h ₃
1 Geländer	Treppenauffläche	17	18	20	17	18	20	17	18	20
	Hauptpodestfläche	2,5	2,5	2,5	5,5	5	5	7	7	6,5
	Zwischenpodestfläche	2,5	2,5	2,5	4	4	4	2,5	2,5	2,5
	Treppenhausfläche	22	23	25	26,5	27	29	26,5	27,5	29
2 Geländer	Treppenauffläche	20	22	23	20	22	23	20	22	23
	Hauptpodestfläche	3	3	3	5,5	5,5	5,5	7,5	7	6,5
	Zwischenpodestfläche	3	3	3	5	5	5	3	3	3
	Treppenhausfläche	26	28	29	30,5	32,5	33,5	30,5	32	32,5

4.7 Orientierung und Erschließungsformen

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, usw.

Im Grundrissatlas wurden zu den in Kapitel 4.4 bereits beschriebenen Grundrissleitformen für Zwei- und Dreispänner nachfolgend dargestellte Hauptorientierungen ermittelt (Spengemann und Hauff 1955, S. 27, S.111 ff.):

Tabelle 19 – Orientierungen der häufigsten Zwei- und Dreispänner; Datenquelle: Spengemann und Hauff 1955, S. 27, S. 111 ff.

Gebäudetyp	Bezeichnung (Grundrissatlas)	Hauptsächliche Erschließung von...	Beschreibung Raumanordnung (für grafische Darstellung vgl. Abbildung 7)
Zweispänner	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
Dreispänner	D1	Westen	An den Seiten: Schlafräum im Osten, Wohnraum, Küche und Bad im Westen In der Gebäudemitte: Alle Räume im Osten

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.

4.8 Fensterflächenanteile und Fenstergrößen

4.8.1 Verteilung der Fensterflächen nach Orientierung

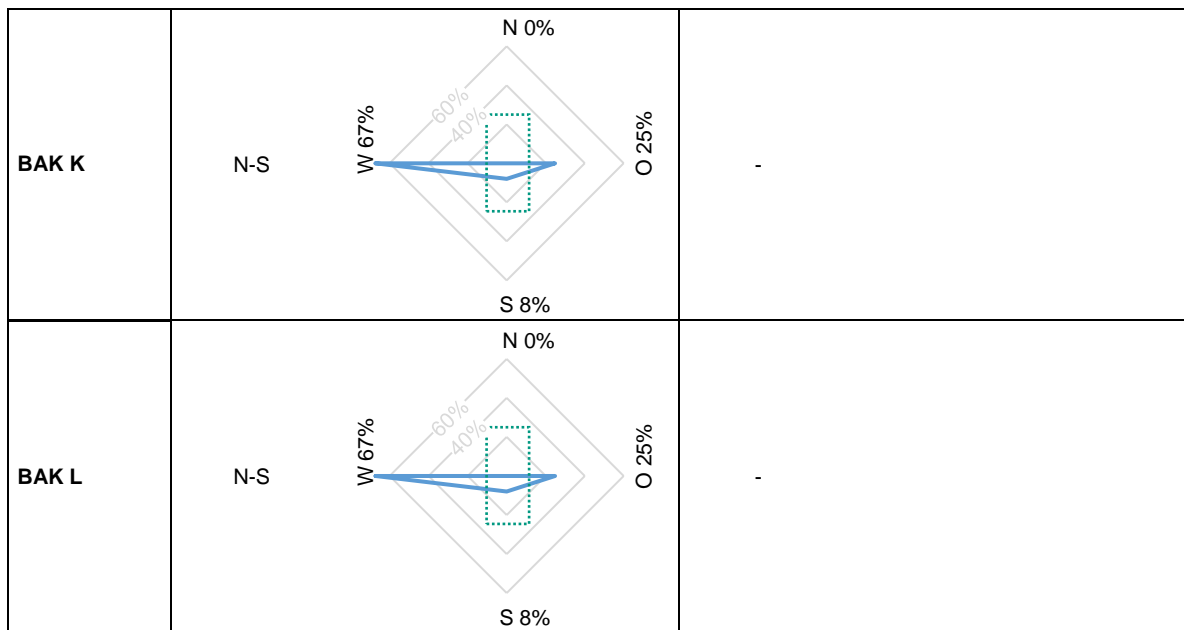
Die Orientierung der Gebäude in wird in TABULA nicht angegeben. Allerdings lässt diese sich über den Fensterflächenanteil ableiten: Ist die Fensterfläche in West- und Ostfassade größer als in Nord- und Südfassade, so ist das Gebäude höchstwahrscheinlich in Nord- Süd- Richtung orientiert. Umgekehrt gilt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

Betrachtet man die zugehörigen Beispielgebäude des IWU (diverse Planverfasser divers ab 1928), so stellt man fest, dass die Orientierung der Gebäude dort in drei von sieben Fällen (BAK E-F, H) von den generischen Typgebäuden abweicht (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 20 – abgeleitete Gebäudeorientierung nach TABULA (generische Typgebäude) und IWU- Beispielgebäude, Datenbasis: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016, diverse Planverfasser divers ab 1928

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

BAK F	<p>N-S</p> <p>W 50% N 0% O 50% S 0%</p>	<p>W-O</p> <p>W 0% N 30% O 0% S 70%</p>
BAK G	<p>N-S</p> <p>W 47% N 3% O 47% S 3%</p>	<p>N-S</p> <p>W 35% N 16% O 28% S 22%</p>
BAK H	<p>N-S</p> <p>W 7% N 34% O 7% S 52%</p>	<p>W-O</p> <p>W 26% N 26% O 0% S 48%</p>
BAK I	<p>W-O</p> <p>W 14% N 25% O 14% S 48%</p>	<p>W-O</p> <p>W 26% N 26% O 0% S 48%</p>
BAK J	<p>ungerichtet</p> <p>W 25% N 14% O 26% S 35%</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. Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 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 herzustellen (vgl. Abbildung 11): 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.

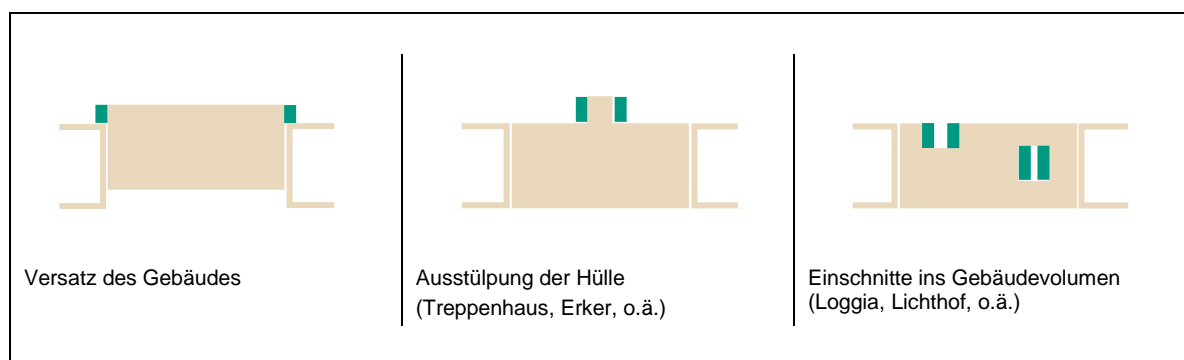


Abbildung 11 – Möglichkeiten der Fensteranbringung in Nebenorientierung bei vorhandener Nachbarbebauung

4.8.2 Fenstergrößen





In TABULA werden keine Angaben zu den eigentlichen Fenstergrößen gemacht. Sondern lediglich die Fensterflächen nach Orientierung angegeben. Dies ist für die Ermittlung einer Gebäudeenergiebilanz zweifelsfrei ausreichend. Da im Projekt allerdings auch Fassadensysteme untersucht werden sollen, wird die detailliertere Beschreibung der einzelnen Fenster als sinnvoll erachtet.






Entsprechende Anfragen hinsichtlich vom Gebäudebaujahr abhängender Fenstergrößen beim Fachverband Glas Fenster Fassade Baden- Württemberg (GFF) sowie beim Verband Fenster + Fassade


(VFF) blieben jedoch erfolglos. Es können lediglich Informationen hinsichtlich verkaufter Fenstereinheiten in Bezug auf Alt- oder Neubau, Wohn- oder Nichtwohnungsbau oder Rahmenmaterial gemacht werden. Zudem wird eine Fenstereinheit immer mit 1,3 Meter mal 1,3 Meter angenommen. Die Tatsächlichen Maße werden seitens der Verbände nicht ermittelt.



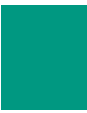



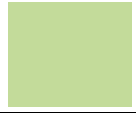
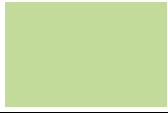
Um eventuelle Regelmäßigkeiten festzustellen wurde im Kontext dieser Arbeit die Fenstergrößen der IWU- Beispielgebäude grafisch ermittelt. Eine entsprechende Übersicht über die Fenstermaße- und Flächen finden sich in Tabelle 21.






Tabelle 21 – Fenstermaße, –größen und -anzahl nach Orientierung, Datenbasis: diverse Planverfasser divers ab 1928

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 _{Fenster} [m ²]	2,5	1,3	0,5	2,5	1,7
n [-]	11	1	4	12	1
A _{ges, Fenster} [m ²]	27,7	1,3	1,9	30,2	1,7
A _{Ø-Fenster, Orient.} [m ²]	2,4		1,9	2,5	
A _{ges, Orient.} [m ²]	29,0		1,9	31,9	

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 _{Fenster} [m ²]	1,4	3,5	0,6	1,7	1,3	2,0
n [-]	2	4	4	1	1	2
A _{ges, Fenster} [m ²]	2,8	14,0	2,4	1,7	1,3	3,9
A _{Ø-Fenster, Orient.} [m ²]	1,9					
A _{ges, Orient.} [m ²]	26,1					

Orientierung	Süd	West	
	Proportion (1m \triangleq 1cm)		
b [m]	1,0	1,5	2,1
h [m]	2,0	1,3	1,0
A _{Fenster} [m ²]	2,0	2,0	2,1
n [-]	6	6	2
A _{ges, Fenster} [m ²]	12,0	11,7	4,2
A _{Ø-Fenster, Orient.} [m ²]	2,0	2,0	
A _{ges, Orient.} [m ²]	12,0	23,9	

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 _{Fenster} [m ²]		4,4	2,4	1,6	1,6
	n [-]		8	10	2	4
	A _{ges, Fenster} [m ²]		35,3	24,3	3,1	6,3
	A _{∅-Fenster, Orient.} [m ²]		3,1			1,6
	A _{ges, Orient.} [m ²]		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 _{Fenster} [m ²]		1,6	0,3	2,3	2,9	
n [-]		16	4	4	4	
A _{ges, Fenster} [m ²]		25,1	1,0	9,0	11,8	
A _{∅-Fenster, Orient.} [m ²]		1,7				
A _{ges, Orient.} [m ²]		46,9				

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 _{Fenster} [m ²]		2,4	1,5	2,0	2,4	9,6
	n [-]		4	6	2	6	4
	A _{ges, Fenster} [m ²]		9,7	9,2	4,0	14,4	38,4
	A _{∅-Fenster, Orient.} [m ²]		3,3				
	↓ A _{ges, Orient.} [m ²]		112,7				

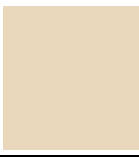
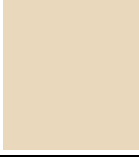






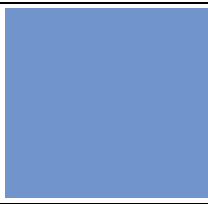


↑	Orientierung	Süd			Nord
	Proportion (1m ≙ 1cm)				
b [m]	4,0	0,6	2,5*	0,9	
h [m]	2,3	1,3	2,5*	2,0	
A _{Fenster} [m ²]	9,2	0,8	6,2	1,8	
n [-]	2	8	2	12	
A _{ges, Fenster} [m ²]	18,4	6,2	12,4	21,6	
A _{∅-Fenster, Orient.} [m ²]		s.o.			s.u.
A _{ges, Orient.} [m ²]		s.o.			s.u.

BAK F

↑	Orientierung	Nord					
	Proportion (1m ≙ 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 _{Fenster} [m ²]	1,0	0,8	3,8	1,5	0,8	0,7	
n [-]	12	8	2	8	4	10	
A _{ges, Fenster} [m ²]	11,9	6,0	7,5	11,7	3,4	6,9	
A _{∅-Fenster, Orient.} [m ²]		1,2					
A _{ges, Orient.} [m ²]		69,0					

↓	Orientierung	Ost		Süd	
	Proportion (1m ≙ 1cm)				
b [m]	1,9	1,1	0,9	0,9	
h [m]	1,4	1,4	2,2	1,3	
A _{Fenster} [m ²]	2,7	1,6	1,9	1,1	
n [-]	6	12	3	3	
A _{ges, Fenster} [m ²]	16,1	19,5	5,8	3,3	
A _{∅-Fenster, Orient.} [m ²]		2,0		1,5	
A _{ges, Orient.} [m ²]		35,6		9,2	

↑	Orientierung	West				Nord
	Proportion (1m ≙ 1cm)					
BAK G	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 _{Fenster} [m ²]	3,0	1,7	2,7	1,6	1,1
	n [-]	6	6	6	3	3
	A _{ges, Fenster} [m ²]	17,9	10,0	16,2	4,9	3,3
	A _{Ø-Fenster, Orient.} [m ²]	2,3				1,1
	A _{ges, Orient.} [m ²]	48,9				3,3

	Orientierung	Süd			West		
	Proportion (1m ≙ 1cm)						
BAK H/I	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 _{Fenster} [m ²]	3,4	3,6	1,2	2,0	2,5	1,2
	n [-]	12	16	8	4	1	8
	A _{ges, Fenster} [m ²]	41,0	57,6	9,6	8,1	2,5	9,6
	A _{Ø-Fenster, Orient.} [m ²]	3,0			1,6		
	A _{ges, Orient.} [m ²]	108,2			20,2		
	Orientierung	Nord					
	Proportion (1m ≙ 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 _{Fenster} [m ²]	0,9	2,7	6,8	1,5	1,2		
n [-]	12	7	1	1	4		
A _{ges, Fenster} [m ²]	10,9	18,9	6,8	1,5	4,8		
A _{Ø-Fenster, Orient.} [m ²]	1,7						
A _{ges, Orient.} [m ²]	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

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) allerdings nachvollziehbar.

Ferner lässt sich feststellen, dass in den untersuchten Gebäuden mehr stehende (33, ohne Fenstertüren, d.h. Fensterhöhe größer 2,0m) als liegende Fensterformate (22) verwendet wurden.

4.9 Untersuchung typischer Sanierungszyklen von Bauteilen

Geht man davon aus, dass eine Sanierung der thermischen Gebäudehülle unabdingbar ist, um aktuelle Anforderungen an den Energieverbrauch von Gebäuden zu erfüllen, stellt man sich unweigerlich 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 Institut für Erhaltung und Modernisierung e.V. (IEMB) wurde mit Infoblatt Nr. 4.2 (Kompetenzzentrum "Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen" 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 22).

Tabelle 22 – Schichtaufbau der die Gebäudehülle beschreibenden Bauteile nach Baualtersklassen nach TABULA (Loga et al. 2015)

BAK (IWU)	Bauteil	Schicht 1 (innen)	Schicht 2	Schicht 3	Schicht 4 (gegen außen/unbeheizt)
MFH_A	Dach	Putz	Schilfmatte/ Spalierplatte	Sparren (ohne Zwischensparrendämmung)	Ziegeleindeckung
MFH_B	Dach	Putz	Schilfmatte/ Spalierplatte	Sparren mit Strohwickel als Zwischensparrendämmung	Ziegeleindeckung
MFH_C	Dach	Putz	Holzfasierplatten	Sparren (ohne Zwischensparrendämmung)	Ziegeleindeckung
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
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/ Luft- raum	Holzbalken mit Strohwickeln als Zwischendämmung	
MFH_B	Boden gegen unbeheizt	Dielenfußboden	Unterkonstruktion/ Luft- raum	Ausgleichsschicht - Estrich	Stahlträger mit gemauertem Tonnengewölbe
MFH_C	Boden gegen unbeheizt	Dielenfußboden	Unterkonstruktion/ Schlackenschüttung	Stahlträger/ Ortbe- ton	
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

Ermittelt man für die o.g. Bauteilschichten nun mithilfe der vom IEMB bereitgestellten Tabelle die Lebensdauern der einzelnen Bauteilschichten, so ergibt sich Tabelle 23.

Tabelle 23 – Lebenserwartung der Baustoffschichten nach Bauteilen und Baualtersklassen; Datenbasis: Loga et al. 2015 und Kompetenzzentrum "Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen" 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

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 24 dargestellten idealen Lebenszyklen ermitteln.

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.

Tabelle 24 – Theoretisch ermittelte Ideale Lebenszyklen der Bauteile nach Baualtersklassen

BAK (IWU)	Bauteil	sinnvoller Sanierungszyklus - Freitext	Idealer LC		
			Unterhaltssanierung [a]	Generalsanierung [a]	Vielfaches
MFH_A	Dach	Austausch Innenbekleidung und Dämmung alle 20 a, Tausch Ziegel nach 2. oder 3. Zyklus	20	60	3,0
MFH_B		Austausch Innenbekleidung und Dämmung alle 20 a, Tausch Ziegel nach 2. oder 3. Zyklus	20	60	3,0
MFH_C		Austausch Innenbekleidung und Dämmung alle 20 a, Tausch Ziegel nach 2. oder 3. Zyklus	20	60	3,0
MFH_D	oberste Geschossdecke	Sanierung Dämmung und Estrich alle 35a	35	105	3,0
MFH_E		Sanierung Dämmung und Estrich alle 35a	35	105	3,0
MFH_F		Sanierung Dämmung und Estrich alle 35a	35	105	3,0
MFH_G		Sanierung Dämmung und Estrich alle 35a	35	105	3,0
MFH_H		Sanierung Dämmung und Estrich alle 35a	35	105	3,0
MFH_A	Außenwand	Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 100a	50	100	2,0
MFH_B		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 80a	40	80	2,0
MFH_C		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3,0
MFH_D		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3,0
MFH_E		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3,0
MFH_F		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3,0
MFH_G		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3,0
MFH_H		Oberfläche alle 40a, Tragschicht alle 120a	40	120	3,0
MFH_A	Fenster/ Tür	Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25,0
MFH_B		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25,0
MFH_C		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25,0
MFH_D		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25,0
MFH_E		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25,0
MFH_F		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25,0
MFH_G		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25,0
MFH_H		Austausch alle 25a (da Beschläge und Scheiben defekt)	1	25	25,0
MFH_A	Boden gegen unbeheizt	Belag + Unterkonstruktion alle 30a, Tragschicht alle 90a	30	90	3,0
MFH_B		Belag + Unterkonstruktion alle 30a, Tragschicht alle 80a	26,5	80	3,0
MFH_C		Belag + Unterkonstruktion alle 30a, Tragschicht alle 90a	30	90	3,0
MFH_D		Belag alle 50a, Unterkonstruktion + Tragschicht alle 100a	50	100	2,0
MFH_E		Belag + Unterkonstruktion alle 35a, Tragschicht alle 105a	35	105	3,0
MFH_F		Belag + Unterkonstruktion alle 35a, Tragschicht alle 105a	35	105	3,0
MFH_G		Belag + Unterkonstruktion alle 35a, Tragschicht alle 105a	35	105	3,0
MFH_H		Belag + Unterkonstruktion alle 35a, Tragschicht alle 105a	35	105	3,0

4.10 Leitungsführung bei der Bestandssanierung 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 12) 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 12 – 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 25 erstellt. Leider stellt man 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.

Die Zugänglichkeit alter Verordnungen ist aktuell teilweise noch sehr kompliziert. Deshalb soll nachfolgend ein kurzer Exkurs mögliche Datenquellen erläutern.

Die entsprechenden Ministerien der Länder (meist Justizministerien) bauen aktuell digitale Verordnungsarchive auf, in denen die aktuellen Normen regelmäßig aufgenommen werden und somit gut zugänglich sind. Was historische Dokumente angeht, sind diese Datenbanken jedoch (aufgrund des hohen Aufwandes – meist müssen die Dokumente zu Archivierung gescannt werden) noch sehr schlecht ausgestattet. Alternativen bieten teilweise kommerzielle Datenbanken wie z. B. die Rechtsdatenbank von WEKA oder das Rechtsportal juris alte Verordnungstexte an. Ferner gibt es auch analoge Sammlungen von Rechtsvorschriften. Eine sehr umfangreiche Sammlung, die eine Vielzahl an Feuerungsverordnungen enthält ist das Umweltrecht (Burhenne ab 1962).

Tabelle 25 – Zulässigkeit des Mehrfachanschlusses von Feuerstätten an Schornsteinen gem. FeuV(0)

		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. 4	§7, Abs. 3	§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
stichprobenartige Untersuchung 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

4.11 Wohnungs- und Raumtemperaturen

Für energetische Bilanzierungen ist die Annahme sinnvoller Rauminnentemperaturen zwingend erforderlich. Leider sind keine umfassenden Daten zu tatsächlichen Wohnungs- und Raumtemperaturen zugänglich (obwohl erwartet werden kann, dass diese Daten bei großen Gebäudebetreibern erhoben werden). Insbesondere sind keine nach Baualtersklassen gegliederten Daten verfügbar. Geht man davon aus, dass die Nutzer der verschiedenen Baualtersklassen gleiche Komfortanforderungen haben, so ist zu erwarten, dass in unterschiedlich alten Gebäuden, abhängig von Dämmstandard und der Luftdichtheit, unterschiedliche Temperaturen vorzufinden sind.

Gemäß der 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 26 ein Überblick über die normativen Temperaturniveaus nach DIN 4701, DIN EN 12831 und die Empfehlung des Energiedienstleisters ista dargestellt.

Das Umweltbundesamt gibt für Räume unterschiedlicher Nutzung Temperaturbereiche vor. 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 (UBA) 2017).

Tabelle 26 - Norm- Innentemperaturen nach DIN 4701-2 (zurückgezogen) - Tabelle 2, DIN EN 12831 - Beiblatt 1 - Tabelle 4 und ista Deutschland GmbH 2018

Innentemperatur [°C]	Raumbezeichnung nach		
	DIN 4701-2	DIN EN 12831 Bbl. 1	ista
10	Treppenträume	-	-
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 unbedeckten Bereich)	-

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.

4.12 Grundlage für die weiteren Arbeitspakete

Nachfolgend soll beschrieben werden, welche Auswahl auf Basis der in Kapitel 4 „Analyse des baulichen Bestandes“ untersuchten Daten für die weiteren Untersuchungen getroffen werden kann.

Es wurde festgestellt, dass der Mehrfamilienhausbestand in Deutschland mit einem Anteil von ungefähr 94 % von Gebäuden mit 3- 12 Wohneinheiten pro Gebäude geprägt ist. Somit scheint es sinnvoll im Projekt vorrangig Gebäude dieser Größe weiter zu untersuchen.

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 doch 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 (vgl. Kapitel 4.1).

Bezüglich der städtebaulichen Struktur kann leider – mit Ausnahme der Baualtersklasse A – keine vorherrschende Form ermittelt werden. Siedlungen wurden ab 1900 sowohl als Blockrand- als auch als Zeilenbebauung ausgeführt. Somit kann auf dieser Basis auch kein Rückschluss auf eine mögliche Gebäudeorientierung gezogen werden.

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 noch kein Rückschluss auf die Baualtersklassen der einzelnen Stadtraumtypen gezogen werden. Im Fortgang dieses Projektes wird versucht werden, diese Verbindung auf Basis des Projekts UrbanReNet- darzustellen (vgl. Kapitel 4.3.1).

In Bezug auf das geothermische (vgl. Kapitel 4.3.2) 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 Gebäudebualter jedoch scheinbar nicht öffentlich zugänglich ist.

Geht man gem. Kapitel 4.3.3 davon aus, dass Mehrfamilienhäusern mit bis zu 12 Wohneinheiten vorrangig als Zwei- und Dreispänner ausgeführt wurden und werden, so kann davon ausgegangen werden, dass Zweispänner in der Regel zwischen 20 und 24 Meter lang sind. Dreispänner sind zumeist zwischen 12 und 15 Meter breit und zwischen 20 und 30 Meter lang. Gängige Grundrissanordnungen für Zwei- und Dreispänner wurden in Kapitel 4.4 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 (vgl. Kapitel 4.5.1 und 0).

Mit Zweidritteln hat die Mehrheit der Wohneinheiten in Mehrfamiliengebäuden mit mehr als drei Wohneinheiten eine Wohnfläche von 40 bis 79 m². Die meisten der kleinen Wohnungen in dieser Gruppe – mit einer Wohnfläche von 40 bis 49 m² – sind Ein- und Zweizimmerwohnungen (zzgl. Küche und Bad). Die zehn Quadratmeter größeren Wohnungen (50- 59 m²) sind Ein- bis Dreizimmerwohnungen. Die größten Wohnungen des o.g. Bereichs (60- 79 m²) sind Zwei- bis Dreizimmerwohnungen (vgl. Kapitel 4.5.3.2). Die Wohnungen mit Flächen von 40 bis 69 m² werden vorrangig von Singles bewohnt. Die größeren Wohnungen mit einer Wohnfläche bis 79 m² werden zumeist von Paaren ohne oder mit Kindern bewohnt (vgl. Kapitel 4.5.4).

Typische Raumgrößen für verschiedene Wohnräume können aus Tabelle 14 auf Seite 30 abgelesen werden.

In Kapitel 4.7 werden die idealen Gebäudeorientierungen für diverse Zweispännertypen und einen Dreispännertyp erläutert. Allerdings lassen sich hieraus keine Rückschlüsse auf den Gebäudebestand ziehen, da oftmals keine ideale Anordnung der Gebäude möglich ist.

Anhand der in der deutschen Wohngebäudetypologie angegebenen von den Baualtersklassen abhängigen Bauteilaufbauten lassen sich typische Sanierungsdauern für diverse Schichtpakete eines Bauteils ermitteln. Dies wurde in Kapitel 4.8 für alle Bauteile ermittelt. Unberücksichtigt bleibt bei diesem sehr scherschnittartigen, überschlägigen Ermittlungsverfahren eine etwaige Änderung des Bauteilaufbaus bei bereits erfolgten Sanierungen.

In Kapitel 4.10 wurde untersucht ob man auf Basis der Landesbauordnungen von der Anzahl der Wohneinheiten eines Gebäudes Rückschlüsse auf die notwendige Anzahl an Schornsteinen gezogen werden kann. Leider kann hier weder zeitlich noch regional ein signifikanter Unterschied im Bundesgebiet ermittelt werden. Eine sinnvolle Anzahl der Schornsteine kann also nur aus den Arbeiten von Spengemann ermittelt werden. Entsprechende Daten können Kapitel 4.4 entnommen werden.

4.13 Denkmalschutz und erhaltenswerte Bausubstanz

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 Prozent angegeben. Betrachtet man nur Gebäude bis Baujahr 1978, so beträgt der Anteil etwa fünf Prozent (Diefenbach et al. 2010, S. 58). In dem etwas neueren Werk Denkmalpflege wird davon ausgegangen, dass etwa fünf bis sieben Prozent 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 (BUMB) geht davon aus, dass etwa zehn Prozent aller Gebäude, die in historischen Stadt- oder Ortslagen liegen, der Kategorisierung entsprechen. Von weiteren besonders erhaltenswerten Gebäuden jenseits dieser Kategorisierungen wird ausgegangen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (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. Klempnow und Hasler 2013, S. 3).

Im Wesentlichen als erhaltenswert anzusehende Gebäude sind zweifelsohne 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 GmbH 2017, S. 5 ff.). Aber auch neuere Nachkriegsgebäude können unter Denkmalschutz stehen.

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

5 Auswertung der TABULA/ EPISCOPE- Datensätze

In diesem Kapitel soll die Auswertung des aus TABULA- und EPISCOPE- Projekt vorhandenen Datenbestandes erfolgen. Diese Auswertung umfasst aktuell zwei Bereiche:

- Thermische Gebäudehülle
- Technische Anlagen

Im Fortgang der Arbeit soll noch der Gebäudeenergiebedarf ausgewertet werden.

5.1 Wärmeschutz der Gebäudehülle

Im Rahmen des TABULA- Projekts wurden die Gebäudehüllen der Typgebäude nach entsprechend ihrer Baualtersklasse typischen Bauteilaufbauten hin untersucht. Für diese Konstruktionsaufbauten wurden dann Wärmedurchgangskoeffizienten (sog. 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 Kap. 2.1). 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.) ab Seite 118 nachgelesen werden. Nachfolgend soll stattdessen eine Untersuchung der U- Werte erfolgen. In Tabelle 27 bis Tabelle 29 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 27 – Mittlere Bauteil- U- Werte für MFH nach BAK – Stadium: Bestand; Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 118 ff. und Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016

BAK	U- Wert [W/(m²K)]				
	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) ¹	0,2	0,28	0,35	1,3	1,8
L (2016- ...) ²	0,25	0,29	0,29	1,1	1,3

¹ nach Mindestanforderung für Neubauten nach der EnEV 2009/ 14

² nach Mindestanforderung für Neubauten nach EnEV 2016

Tabelle 28 – Mittlere Bauteil- U- Werte für MFH nach BAK – Stadium: konventionelle Sanierung; Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 178 ff. und Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016

BAK	U- Wert [W/(m²K)]				
	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) ¹	0,1	0,14	0,18	0,7	0,8
L (2016- ...) ²	0,1	0,11	0,11	1,1	1,3

¹ entspricht KfW- Effizienzhaus 70

² entspricht KfW- Effizienzhaus 55

Tabelle 29 – Mittlere Bauteil- U- Werte für MFH nach BAK – Stadium: ambitionierte Sanierung; Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 178 ff. und Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 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) ¹	0,08	0,12	0,12	0,70	0,80
L (2016- ...) ¹	0,08	0,12	0,12	0,70	0,80

¹ Niedrigstenergiehaus entspricht ca. KfW- Effizienzhaus 40

Betrachtet man die U- Werte der Bauteile in den Bestandsgebäuden (vgl. Abbildung 13), 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.

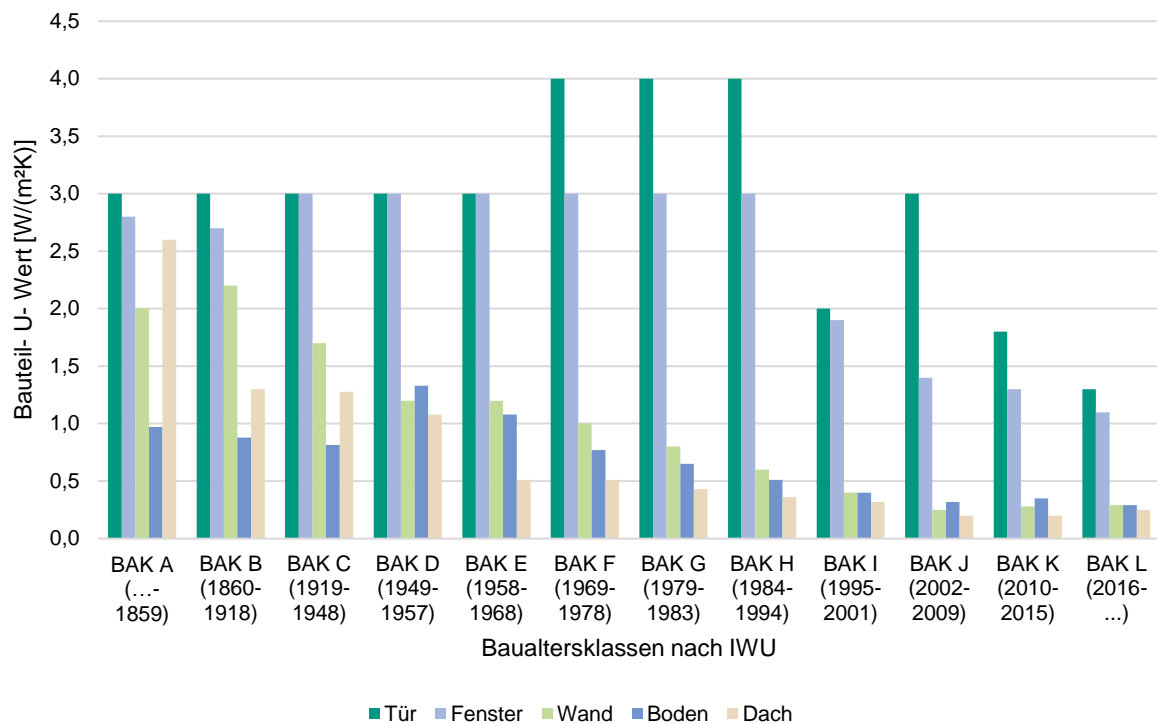


Abbildung 13 – Entwicklung der Bauteil- U- Werte der MFH- Bestandsgebäude über die BAK; Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 178 ff.

Bei den beiden Sanierungsstufen sind U- Wert Entwicklungen einzelner Bauteile über die Baualterklassen 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 Baualterklassen ermittelt, um abzuschätzen, ob eine Baualterklasse 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 Baualterklasse J erkennbar. Die Spanne reicht von 2,06 kWh/(m²K) bis 0,37 kWh/(m²K). In den nachfolgenden beiden Baualterklassen K und L ist ein Einschwingen des U- Wertes bei ca. 0,40 kWh/(m²K) zu sehen (vgl. Abbildung 14).

Betrachtet man hingegen die möglichen mittleren U- Werte, die sich durch eine konventionelle Sanierung ergeben (ebenda), sieht man, dass sich durch eine energetische Verbesserung der Gebäudehülle – zumeist ohne dramatische Eingriffe in die Konstruktion – die unterschiedliche Qualität der bisherigen Bauteilaufbauten weitestgehend egalisieren lässt. Die Spreizung der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten kann bereits so von ca. 1,7 W/(m²K) im unsanierten Bestand auf 0,3 W/(m²K) reduziert werden.

Nach Durchführung einer ambitionierten Sanierung ist praktisch kein Unterschied der ursprünglichen Bauteilqualität mehr erkennbar. Der maximale Unterschied der mittleren U- Werte beträgt lediglich noch etwa 0,06 W/(m²K).

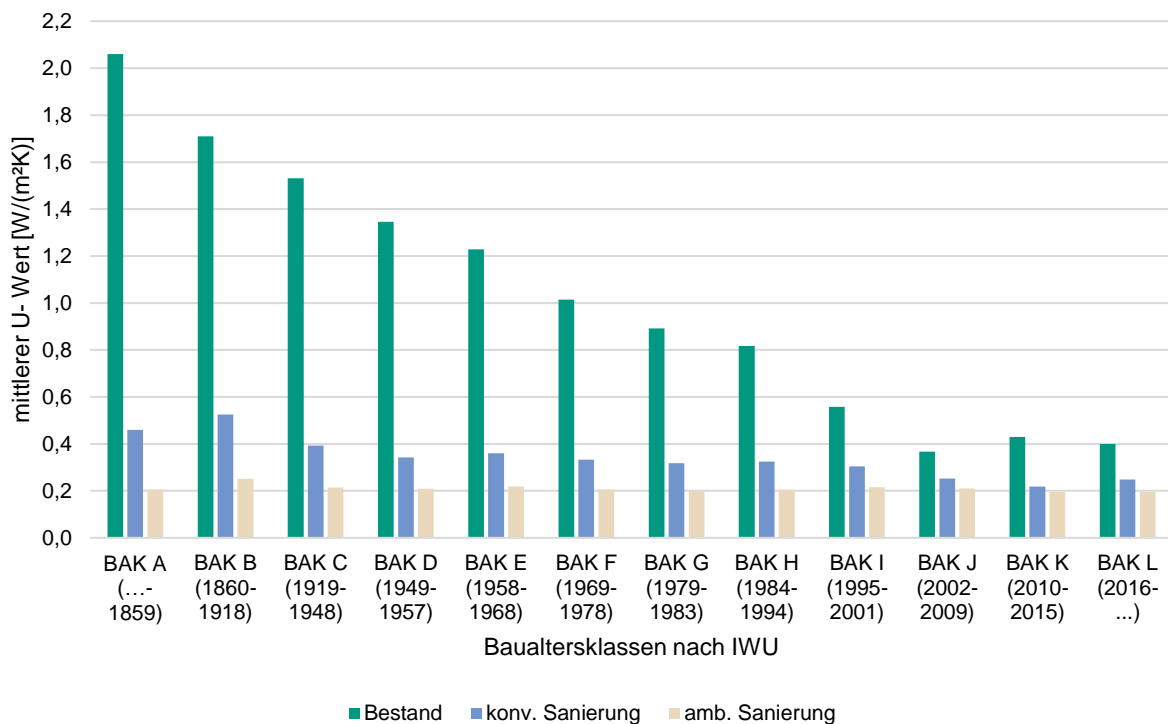


Abbildung 14 – Mittlere U- Werte nach BAK – Stadium: Bestand, konventionelle u. ambitionierte Sanierung; Datenbasis: Loga et al. 2015, 178 ff.

5.2 Analyse der technischen Anlagen

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

5.2.1 Heizung

Betrachtet man die Beheizung von Mehrfamilienhäusern, so ergibt sich aus den Angaben der Deutschen Wohngebäudetypologie (Loga et al. 2015, Tab.8, S.24), dass mit circa 59 % der Energieträger Gas den größten Anteil an der Gebäudebeheizung hat. Etwa 24 % des untersuchten Bestandes werden mit Öl, 13 % mit Fernwärme beheizt. Der Energieträger Kohle spielt keine nennenswerte Rolle mehr bei der Gebäudebeheizung. Die Energieträger Biomasse und Strom haben ebenfalls einen geringen Anteil an der Wärmeversorgung.

Mit etwa 62 % wird der Großteil der Mehrfamiliengebäude hierbei zentral über eine Block- oder Zentralheizung beheizt. Um die 19 % der Mehrfamilienhäuser wird über Wohnungsheizung und 13 % mittels Fernwärme erwärmt. Lediglich ca. 6 % werden noch mit Einzelraumheizungen (Gas, Öl, Strom – z.B. Nachtspeicheröfen) beheizt.

Zur Verdeutlichung der Heizungsstruktur und der eingesetzten Energieträger wurde nachfolgendes Sankey- Diagramm (vgl. Abbildung 15) erstellt.

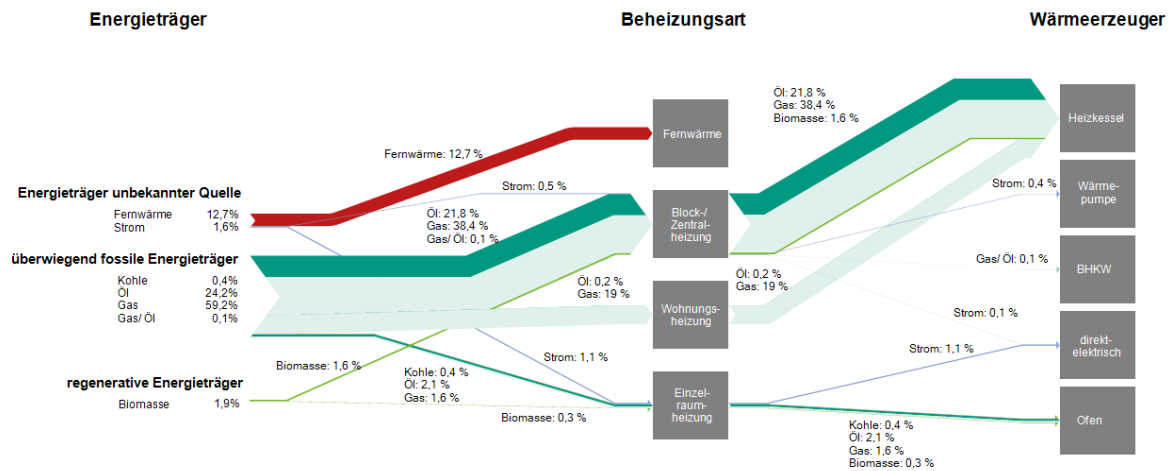
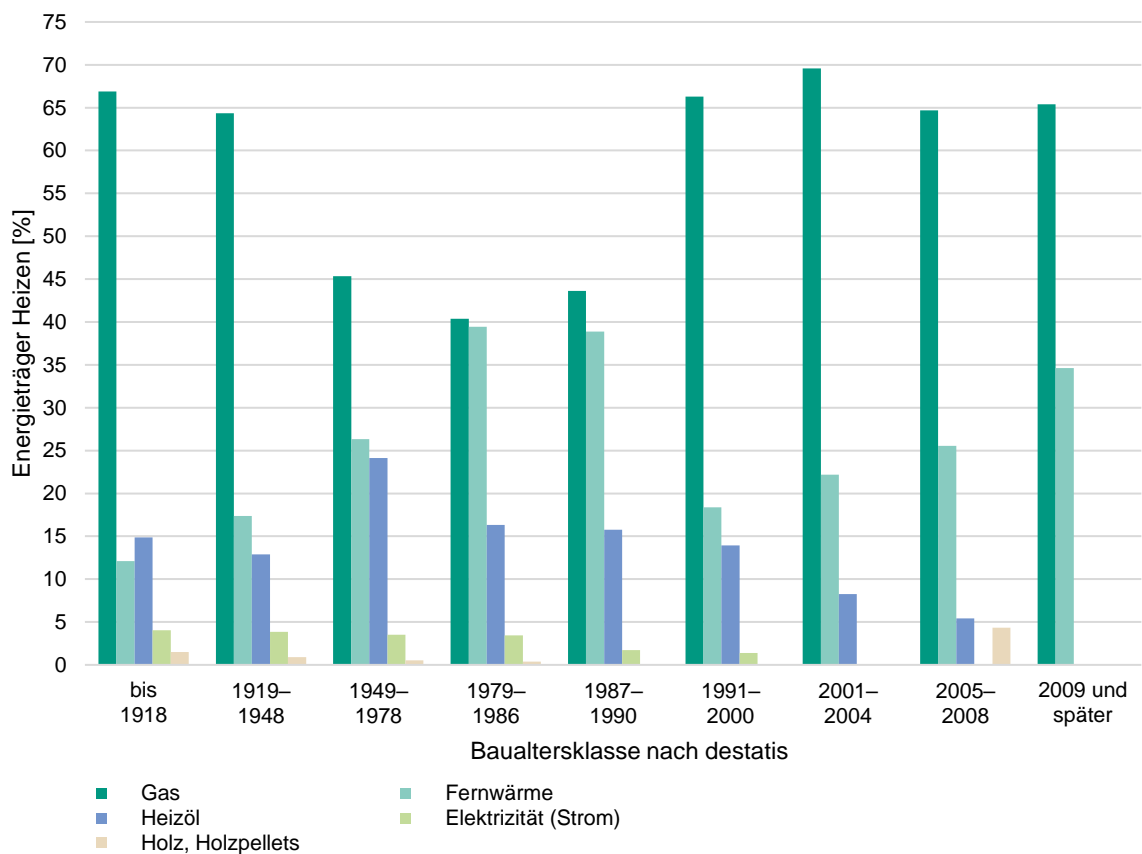


Abbildung 15 – Eingesetzte Energieträger zur Gebäudebeheizung (bezogen auf Gebäudeanzahl)

Wertet man den Einsatz der Energieträger für Mehrfamilienhäuser mit mehr als drei Wohneinheiten anhand des Errichtungsdatums des Gebäudes aus, so stellt man fest, dass bei allen Gebäuden die Versorgung mit dem Energieträger Gas überwiegt (vgl. Abbildung 16).



vernachlässigt:
 alle mit Anteil unter 1% in jeder Baualterklasse
 (Brikett, Braunkohle/ Koks, Steinkohle/ Biomasse (außer Holz), Biogas/ Sonnenenergie/ Erd- u.a. Umwelt-, Abluftwärme)

Abbildung 16 – Anteil der ausschließlich zur Raumheizung in MFH mit mehr als 3 WE verwendeten Energieträger nach Baualter, Datenbasis: Statistisches Bundesamt (DESTATIS) 2012, WS-13

6 Gebäudebeispiele als Datengrundlage

Das Projekt „LowEx im 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 und Fraunhofer ISE haben sich darauf verständigt, die globalen Eingangsparameter für die Simulationen gegenüber der Datendichte aus TABULA zu reduzieren, um die Simulationsmodelle handhabbar zu halten. Ferner wurde vereinbart, dass für Einzelbetrachtungen (insbesondere im Kontext von Demonstrationsvorhaben) separate Betrachtungen mit höherer Genauigkeit auf Basis der TABULA- Werte erstellt werden.

Nachfolgend soll ein Überblick über die vereinfachten Daten gegeben werden.

6.1 Aggregierte Baualtersklassen

Im Rahmen der gemeinsamen Arbeit wurde auf Basis der baugeschichtlichen Entwicklung (wenig standardisierter Bau (BAK I) – standardisierte Fertigung (BAK II) – Energiesparziele durch Wärmeschutz- und Energieeinsparverordnung (BAK III und IV)) festgelegt, im Projekt „LowEx im Bestand“ mit vier Baualtersklassen zu arbeiten, um den Bestand zu charakterisieren. Diese sind in nachfolgender Tabelle unter Bezug auf die TABULA- Baualtersklassen und die Baujahre dargestellt (vgl. Tabelle 30).

Tabelle 30 – LowEx Baualtersklassen

LowEx- BAK (aggregiert)	I	II	III	IV
Baualtersklassen (nach TABULA)	A- D	E- F	G- H	I- J
Baujahre	vor 1958	1958- 1978	1979- 1994	1995- 2009

Betrachtet man die Zahlen an Gebäuden und Wohneinheiten in den einzelnen LowEx- Baualtersklassen, so stellt man fest, dass die Baualtersklassen I und II den Gebäudebestand in Hinblick auf Gebäudeanzahl, Wohnungsanzahl und Gesamtwohnfläche mit einem gemeinsamen Anteil von jeweils um 70% dominieren (vgl. Abbildung 17). Ferner wird ersichtlich, dass die mittlere Wohnungsanzahl pro Gebäude nur moderat zwischen fünf und sechs schwankt. Die Wohnfläche pro Wohneinheit hingegen steigt von Baualtersklasse I (68,7 m²) zu Baualtersklasse IV (77,3 m²) um fast zehn Quadratmeter an.

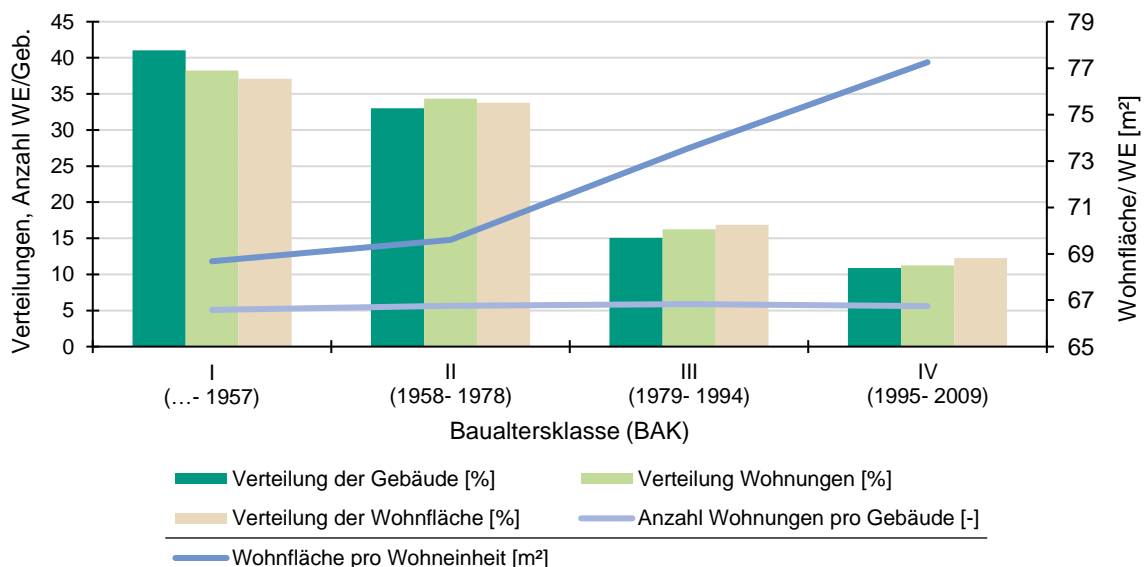


Abbildung 17 – Gebäudebestand nach LowEx- BAK, Datenbasis: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016, Loga et al. 2015

Legt man die in Kapitel 4.13 ermittelten Daten zugrunde, so ergibt sich, dass im Mittel etwa 35% des Gesamtgebäudebestandes unter den Denkmal- oder Ensembleschutz fallen oder als erhaltenswerte

Bausubstanz anzusehen sind. Es ist wahrscheinlich, dass der so klassifizierte Gebäudebestand andere Anforderungen an eine Sanierung stellt, als nicht erhaltenswerte Gebäude. Ist insbesondere die Gebäudehülle als erhaltenswert eingestuft, so ist wahrscheinlich, dass die Sanierung teilweise deutliche Einschränkungen bei nachträglich anzubringenden Wärmeschutzmaßnahmen birgt.

Geht man davon aus, dass die meisten denkmalgeschützten Gebäude vor 1958 errichtet wurden, so wird der Anteil der nach standardisierten Methoden sanierbaren Gebäude in der Baualtersklasse I deutlich geringer sein, als in Baualtersklasse II.

Dieser Einfluss des Denkmal- und Ensembleschutzes sowie die in Kapitel 4.1 beschriebene Häufung von Gebäudeanzahl, Wohnungsanzahl und Wohnfläche in den LowEx- Baualtersklassen II und III sowie die Tatsache, dass die Sanierung von Gebäuden dieser Baualtersklassen unmittelbar bevorsteht, hat das Projektteam dazu bewogen, die Baualtersklasse I im Projekt eher unscharf mit nur einer Größenklasse zu betrachten. Baualtersklasse II und III werden hingegen differenziert für die Größenklassen kleines Mehrfamilienhaus (KMH, 3- 6 Wohneinheiten), mittleres Mehrfamilienhaus (MMH, 7- 12 Wohneinheiten) und große Mehrfamilienhäuser (GMH, mehr als 12 Wohneinheiten) betrachtet. Für die noch sehr junge Baualtersklasse IV soll wiederum nur eine Größenklasse (MFH) betrachtet werden. Die Daten werden gesondert von Fraunhofer ISE auf Basis der Datenbasis Gebäudebestand (Diefenbach et al. 2010) ermittelt und den Projektpartnern zur Verfügung gestellt.

6.2 Gebäudegrunddaten LowEx- BAK

Nachfolgend sind die gebäudebeschreibenden Parameter für die aggregierten LowEx- Baualtersklassen angegeben. Da die Anzahl der Wohnungen im MFH- Gebäude der Baualtersklasse E in TABULA nicht plausibel erscheint, wurde die Anzahl der Treppenhäuser pro Gebäude geschätzt und alle Angaben auf ein Treppenhaus heruntergebrochen. Soweit Angaben aggregiert werden mussten, erfolgte dies über die Gebäudeanzahl gemäß der Datenbasis Gebäudebestand (Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2010).

Tabelle 31 zeigt Daten zur allgemeinen Baubeschreibung, wohingegen Tabelle 32 die Flächen (in Grundriss und Ansicht) und Volumina der jeweiligen Baualtersklasse darstellt.

Tabelle 31 – Baubeschreibung der aggregierten LowEx- BAK Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 147 ff. und Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016

Beschreibung	ggf. Symbol	Einheit	Baualtersklasse			
			I	II	III	IV
frühestes Baujahr	$t_{BJ, min.}$	[a]	...	1958	1979	1995
spätestes Baujahr	$t_{BJ, max.}$	[a]	1957	1978	1994	2009
Anzahl der Treppenhäuser	n_{TRH}	[-]	1	2	1	1
Überwiegende Erschließungsstruktur	-	[-]	Ein-spänner	Zwei-spänner	Drei-spänner	Drei-spänner
ungefähre Gebäudelänge pro Treppenhaus (min.- max.) ¹	l	[m]	20,00-24,00	20,00-24,00	20,00-24,00	20,00-24,00
resultierende ungefähre Gebäudebreite pro Treppenhaus (min.- max.) ¹	b	[m]	5,60-6,70	7,00-8,30	10,00-12,00	10,30-12,30
Anzahl der Vollgeschosse	$n_{Vollg.}$	[-]	3	4	3	4
Anzahl der Wohneinheiten pro Treppenhaus	n_{WE}	[-]	5	8	10	11
Keller vorhanden	-	[-]	ja	ja	ja	Ja
Konditionierung Keller	-	[-]	unbeheizt	unbeheizt	unbeheizt	unbeheizt
Vorkommende Dachformen ²	-	[-]	SD, FD ³	SD, FD	SD, FD, PD	SD, FD, PD
Konditionierung Dachraum	-	[-]	beheizt	unbeheizt	unbeheizt	unbeheizt
Anzahl Nachbargebäude (direkt angrenzend) ⁴	n_{NB}	[-]	1	1	0	1
Anzahl Bewohner pro Wohneinheit ⁵	$n_{EW / WE}$		1,6	1,7	1,8	1,9

Anzahl Bewohner pro Gebäude (pro Treppenhaus)	n_{EW} / GEB		8	14	17	22
---	----------------	--	---	----	----	----

¹ ermittelt aus der mittleren Bruttoenergiebezugsfläche pro Geschoss und Treppenhaus und den Maßangaben aus Kap. 4.3.3; die Rechenergebnisse wurden gerundet

² SD: Satteldach, FD: Flachdach, PD: Pultdach

³ Flachdächer erst ab ca. 1919, davor praktisch ausschließlich Satteldächer

⁴ wurde in der weiteren Bilanzierung anscheinend nicht berücksichtigt (deshalb sind auch in alle Orientierungen Fenster vorhanden, s.u.)

⁵ ermittelt über Nutzwärmebedarf Warmwasser und Wohnungsgröße; Annahme pro Person: 600 kWh/(P*a) (Loga und Imkeller- Benjes 1997, S. 20)

Tabelle 32 - Flächen und Volumina der LowEx- BAK gem. TABULA pro Treppenhaus, Datenbasis: Loga et al. 2015, S. 147 ff. und Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016

Beschreibung	ggf. Symbol	Einheit	Baualtersklasse			
			I	II	III	IV
Energiebezugsfläche (brutto)	A_{EB}	[m ²]	425,50	743,50	722,95	970,73
konditioniertes Bruttogebäudevolumen (Geschosshöhe 3,0m)	V_B	[m ³]	1415	2455	2247	3433
konditionierte Wohnfläche (netto)	$A_{Wohnfläche, cond}$	[m ²]	386,8	675,9	657,2	882,5
Konditionierter Wohnraum (netto) (Raumhöhe 2,5m)	$V_{Wohnraum, cond}$	[m ³]	967,1	1689,8	1643,1	2206,2
Fläche oberste Geschossdecke/ Dach (gegen unbeheizt/ außen)	A_{DO}	[m ²]	207,8	239,7	248,9	296,5
Wandfläche (gegen Außenluft)	A_{AW}	[m ²]	301,6	488,4	629,2	783,2
Bodenfläche (gegen unbeheizt)	A_{BO}	[m ²]	196,6	239,7	248,9	304,6
Gesamtfensterfläche (brutto) ¹	A_W	[m ²]	72,0	121,2	133,6	165,3
Türfläche (brutto) ²	A_D	[m ²]	2,0	2,0	2,0	2,0
Fensterfläche Nord (brutto) ¹	$A_{W, Nord}$	[m ²]	25,3	10,0	26,9	30,4
Fensterfläche Ost (brutto) ¹	$A_{W, Ost}$	[m ²]	13,2	53,2	48,3	70,9
Fensterfläche Süd (brutto) ¹	$A_{W, Süd}$	[m ²]	25,3	10,0	26,9	30,1
Fensterfläche West (brutto) ¹	$A_{W, West}$	[m ²]	8,2	48,1	31,5	33,8

¹ Der Rahmenanteil wird mit 30% angenommen

² angenommen, da pro Treppenhaus eine Türe (in TABULA pro BAK nur 2m²)

6.3 Gebäudeorientierung

In TABULA sind die Fensterflächen der Gebäude nach den vier Hauptorientierung gesondert angegeben. Um die Gebäudeorientierung zu ermitteln wird die Gesamtsumme der der Fensterflächen Nord und Süd (Fensterfläche der Gebäude multipliziert mit der Anzahl der Gebäude in der jeweiligen Baualtersklasse) der Gesamtsumme der Fensterflächen Ost und West gegenübergestellt. Überwiegt die Fensterfläche in den Nord- und Südfassaden, so wird angenommen, dass das Gebäude von Ost nach West orientiert ist und umgekehrt.

Im zweiten Schritt wurde davon ausgegangen, dass nur die Orientierung zur Sonne für die Orientierungsbetrachtung relevant ist. Somit wurde der Mittelwert der nach Osten und Westen orientierten Fensterflächen mit der nach Süden orientierten Fensterfläche verglichen. Die Werte differieren von der oben genannten, ersten Betrachtung. Allerdings resultiert immer die gleiche Gebäudehauptorientierung.

In nachfolgender Abbildung 18 ist die daraus abgeleitete Gebäudehauptorientierung für MFH (Summe aus KMH und MMH) und GMH und die Gesamtmenge (KMH, MMH und GMH) mit der jeweiligen Angabe des dominierenden Flächenanteils (bei Nord- Süd- Orientierung: Ost- West, bei Ost- West- Orientierung: Nord-Süd bzw. Süd) dargestellt.

Man erkennt, dass lediglich Gebäude der Baualtersklasse I mehrheitlich eine Nord- Süd- Orientierung aufweisen. Gebäude der Baualtersklassen II bis IV sind mehrheitlich von Ost nach West orientiert. Diese Ost- West- Orientierung ist für die Grundrissorganisation hinsichtlich Tageslichtversorgung von Vorteil, da die Wohnräume gegen Süden orientiert werden können. In der Realität werden

unter Umständen weitere Einflussfaktoren (z.B. vielbefahrene Straße) andere Raumanordnungen erzwingen.

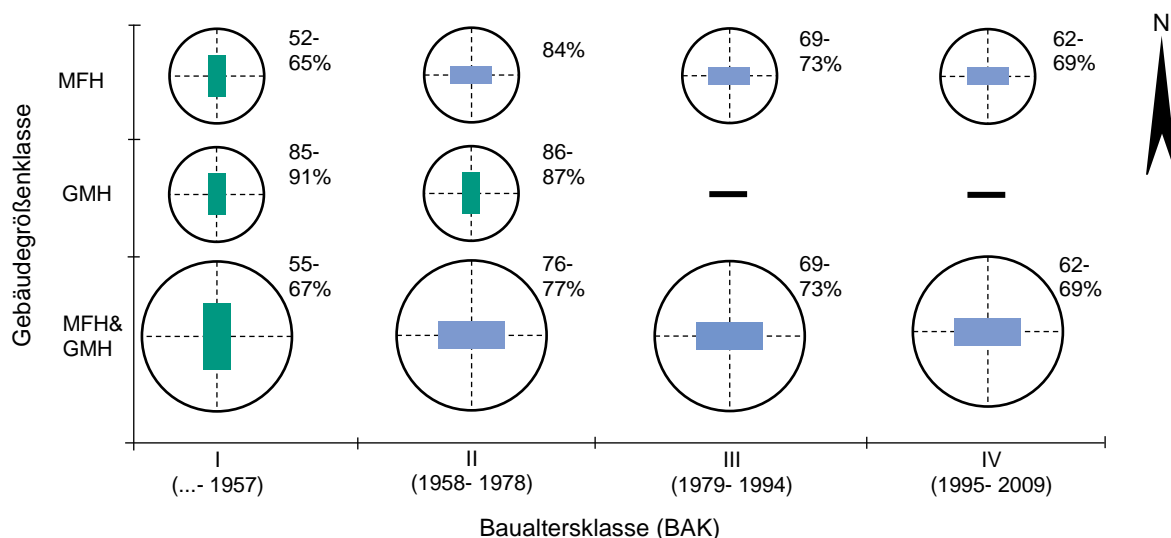


Abbildung 18 – Anhand der Fensterflächen und Gebäudeanzahl angenommene Gebäudeorientierung, Datenbasis: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016, Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2010

6.4 Bauteilqualität: Wärmedurchgangskoeffizienten

Neben den in Kapitel 6.4.1 dargestellten ursprünglichen Gebäudehüllqualitäten (Erbauungszustand) werden für die aggregierten LowEx- Baualtersklassen für alle Bauteile zwei, in den Kapiteln 6.4.2 und 6.4.3 beschriebene, Sanierungstiefen definiert. Ferner werden in Kapitel 7 Hochrechnungen für die Hüllflächenqualität des Gebäudebestandes durchgeführt.

6.4.1 Erbauungszustand (unsaniert)

Die nachfolgend in Tabelle 33 angegebenen U- Werte wurden TABULA (Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016) entnommen und über die Gebäudeanzahlen, Wohn- und Bauteilflächen für die Großengruppen KMH, MMH, und GMH aus der Datenbank zur Datenbasis Gebäudebestand gemittelt.

Eine gesonderte Ausgabe von U- Werten für KMH und MMH ist aufgrund der Datenlage für die Sanierungsszenarien in TABULA nicht möglich. Für die Baualtersklassen B bis G (1861- 1978) gibt es gesonderte Bauteilaufbauten für die Gruppe der GMH. Die Unterschiede der U- Werte von GMH zu MFH sind allerdings so gering, dass auf eine gesonderte Ausweisung verzichtet wird. Stattdessen wurde für diese Klassen die flächengewichteten U- Werte ermittelt.

Tabelle 33 - LowEx- Erbauungszustand (unsaniert): U- Werte und Wärmebrückenzuschläge in $W/(m^2K)$, Datenbasis: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016, Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2010

Baualterklasse		Baujahr	Größenklasse	U-Wert					Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB}
LowEx	TABULA			Dach	Wand	Boden	Fenster	Türe	
I	A- D	vor 1958	MFH, GMH	1,27	1,71	1,00	2,90	3,00	0,10
II	E- F	1958- 1978	MFH/ GMH	0,51	1,13	0,96	3,00	3,39	0,10
III	G- H	1979- 1994	MFH/ GMH	0,39	0,69	0,57	3,00	4,00	0,10
IV	I- J	ab 1994	MFH/ GMH	0,29	0,36	0,38	1,78	2,24	0,10

6.4.2 Standardsanierung/ konventionelle Sanierung

Die erste der beiden Sanierungstiefen beschreibt die sogenannte Standardsanierung oder auch konventionelle Sanierung. Die Bauteilertüchtigung folgt dabei im Wesentlichen den Vorgaben der EnEV 2014/16. Die nachfolgend in Tabelle 34 angegebenen U- Werte wurden TABULA (Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016) entnommen und über die Gebäudeanzahlen, Wohn- und Bauteilflächen für die Größengruppen KMH, MMH, und GMH aus der Datenbank zur Datenbasis Gebäudebestand gemittelt.

Eine gesonderte Ausgabe von U- Werten für KMH und MMH ist aufgrund der Datenlage für die Sanierungsszenarien in TABULA nicht möglich. Für die Baualterklassen B bis G (1861- 1978) gibt es gesonderte Bauteilaufbauten für die Gruppe der GMH. Die Unterschiede der U- Werte von GMH zu MFH sind allerdings so gering, dass auf eine gesonderte Ausweisung verzichtet wird. Stattdessen wurde für diese Klassen die flächengewichteten U- Werte ermittelt. Die für die Verwendung in LowEx vorgesehenen Wärmedurchgangskoeffizienten nach Bauteilen können nachfolgender Tabelle 34 entnommen werden.

Tabelle 34 – LowEx- Standardsanierung: U- Werte und Wärmebrückenzuschläge in $W/(m^2K)$, Datenbasis: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016, Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2010

Baualterklasse		Baujahr	Größenklasse	U-Wert					Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB}
LowEx	TABULA			Dach	Wand	Boden	Fenster	Türe	
I	A- D	vor 1958	MFH, GMH	0,33	0,28	0,30	1,42	1,42	0,10
II	E- F	1958- 1978	MFH/ GMH	0,19	0,23	0,30	1,30	1,30	0,10
III	G- H	1979- 1994	MFH/ GMH	0,16	0,20	0,25	1,30	1,30	0,10
IV	I- J	ab 1994	MFH/ GMH	0,16	0,16	0,20	1,30	1,30	0,10

6.4.3 Ambitionierte/ zukunftsweisende Sanierung

Die zweite Sanierungstiefe beschreibt eine umfassende Sanierung der Bauteile. Die Daten wurden anhand größtmöglicher Plausibilität aus den Forschungsprojekten UrbanReNet (vgl. Hegger et al. 2015, S. 93) und klimaneutraler Gebäudebestand 2050 (klineG, vgl. Bürger et al. 2016, S. 126) übernommen.

Energetisches Sanierungsziel ist ungefähr die Erreichung des Standards „Passivhaus im Bestand“. Wobei hierbei klar sein muss, dass dies nur als ungefähre Zielvorgabe zu verstehen ist, da die Definition des „Passivhauses im Bestand“ (vgl. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung 2017, S. 6) wie auch beim Passivhaus über den Heizwärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche und nicht über die Qualität der Hüllflächen erfolgt.

Da bei hohen Sanierungstiefen die zusätzlich aufgebrachte Wärmedämmung deutlich mehr Einfluss auf den Wärmedurchgangswiderstand hat als die bestehende Bausubstanz, wurde bei der Angabe

der Wärmedurchgangskoeffizienten in nachfolgender Tabelle 35 keine Unterscheidung nach Baualterklassen mehr vorgenommen.

Tabelle 35 – LowEx: ambitionierte/ zukunftsweisende Sanierung: U- Werte und Wärmebrückenzuschläge in $W/(m^2K)$, Datenbasis: Hegger et al. 2015, (Bürger et al. 2016)

Baualterklasse		Baujahr	Größenklasse	U-Wert					Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB}
LowEx	TABULA			Dach	Wand	Boden	Fenster	Türe	
I- IV	A- J	alle	MFH, GMH	0,13 ¹	0,13 ¹	0,20 ²	0,70 ³	0,70 ³	0,05

¹ U- Wert entspricht dem Mittelwert aus UrbanReNet

² U- Wert aus klineG übernommen

³ U- Wert für Fenster aus klineG (Aufgrund der geringen Fläche und der Lage im, zumeist niedrig beheizten, Treppenhaus (welches im Einzonenmodell nicht gesondert abgebildet wird) können Türen vernachlässigt werden und ebenfalls mit diesem U- Wert betrachtet werden.)

6.4.4 Gebäudebestand 2018: Sanierungsanteile und Qualitäten nach Bauteilen

Da die in TABULA verfügbaren Daten aus dem Jahr 2009 stammen, soll in diesem Kapitel eine Hochrechnung bezüglich der thermischen Qualität der bereits sanierten Gebäude im Jahr 2018 vorgenommen werden. Die Betrachtung ist mit hoher Unsicherheit behaftet und wird deshalb nur für den Gesamtgebäudebestand ohne Unterscheidung in LowEx- Baualterklassen vorgenommen.

Bei nachfolgender Betrachtung soll die Qualität von Fenstern und Türen nicht bewertet werden. Die betrachteten Bauteile beschränken sich also auf: Dach bzw. oberste Geschosdecke, Außenwand und Boden gegen Erdreich bzw. Keller.

In Tabelle 36 wird die Ausgangssituation gemäß TABULA beschrieben. Die Gesamt- U- Werte und Dämmstoffstärken werden über die Gebäudeanzahl aus der Datenbasis Gebäudebestand gemittelt. Die Anteile bereits gedämmter Bauteile und die Sanierungsraten basieren ebenfalls auf der Datenbasis Gebäudebestand.

Tabelle 36 – Ausgangssituation Gebäudebestand 2009, Datenbasis: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012b- 2016, Diefenbach et al. 2010; Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2010

	Einheit	Dach/ OGD	Wand	Boden
mittlere Dämmstoffdicken bei nachträglicher Dämmung	[cm]	12,8	9,1	7,5
Gebäude mit gedämmtem Bauteil	[%]	42,1	76,4	37,1
Sanierungsraten ohne Flächengewicht (vgl. Tab. 4.9-3 mit Faktor ermittelt aus Tab. 4.9-1)	[%]	1,05	1,69	0,46
mittlerer U- Wert Bestand (Errichtungszustand)	$[W/(m^2K)]$	0,81	1,26	0,87

Im nächsten Schritt werden die mittleren U- Werte für die beiden Sanierungsstufen und damit eingehend die notwendigen Dämmstoffstärken zu deren Erreichung ermittelt (vgl. Tabelle 37).

Tabelle 37 – U- Werte für die Sanierungsstufen konventionell und ambitioniert und Angabe der notwendigen Dämmstärke (WLG 035), Datenbasis: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2010; Diefenbach et al. 2010

	Einheit	Dach/ OGD	Wand	Boden
Ziel- U- Wert konventionelle Sanierung	$[W/(m^2K)]$	0,24	0,24	0,28
Dämmstoffstärke (WLG 035) konventionelle Sanierung	[cm]	10,0	11,7	8,3
Ziel- U- Wert ambitionierte Sanierung	$[W/(m^2K)]$	0,13	0,13	0,20
Dämmstoffstärke (WLG 035) ambitionierte Sanierung	[cm]	22,5	24,1	13,5

Wenn weiterhin alle Bauteile mit gleichbleibenden Sanierungsraten gedämmt würden, wären im Jahr 2023 alle Außenwände, im Jahr 2064 alle oberen Gebäudeabschlüsse (Dächer und oberste Geschossdecken) und im Jahr 2145 alle unteren Gebäudeabschlüsse (Boden gegen unbeheizt und Boden gegen Erdreich) gedämmt.

Für das Jahr 2018 ergibt sich, dass etwa 52% aller Dächer, 92% aller Außenwände und 41% aller Böden gedämmt sind.

Bei gleichbleibenden Sanierungsraten und den nachfolgend angegebenen Sanierungstiefen ergeben sich die in Tabelle 38 dargestellten U- Werte und Dämmstoffdicken für alle bereits sanierten Gebäude:

- Variante 1: 2/3 konventionell saniert, 1/3 ambitioniert saniert
- Variante 2: 1/2 konventionell saniert, 1/2 ambitioniert saniert
- Variante 3: 1/3 konventionell saniert, 2/3 ambitioniert saniert

Variante 1 (grün markiert) wird hierbei als wahrscheinlich angesehen wird.

Tabelle 38 – Hochrechnung Gebäudebestand 2009- 2018

	Einheit	Dach/ OGD	Wand	Boden
2/3 konventionell, 1/3 ambitioniert saniert				
U- Wert nach Sanierung	[W/(m²K)]	0,21	0,27	0,30
Dämmstoffstärke (WLG 035) nach Sanierung	[cm]	13,0	10,2	7,8
1/2 konventionell, 1/2 ambitioniert saniert				
U- Wert nach Sanierung	[W/(m²K)]	0,20	0,26	0,30
Dämmstoffstärke (WLG 035) nach Sanierung	[cm]	13,4	10,6	7,8
1/3 konventionell, 2/3 ambitioniert saniert				
U- Wert nach Sanierung	[W/(m²K)]	0,19	0,25	0,29
Dämmstoffstärke (WLG 035) nach Sanierung	[cm]	13,8	10,9	7,9
Referenzgebäude nach EnEV 2014 (zum Vergleich)				
U- Wert	[W/(m²K)]	0,20	0,28	0,35
Dämmstoffstärke (WLG 035)	[cm]	13,8	10,9	7,9

Im Mittel würden nach o.g. Sanierungsansatz alle sanierten Bauteile in etwa die aktuellen Anforderungen an das Referenzgebäude nach EnEV 2014/16 erfüllen oder unterschreiten.

6.5 Heizwärmeerzeuger

Bezüglich der Heizwärmeerzeuger im Gebäudebestand sei auf die dem Projektverbund vorliegenden, auf das Jahr 2016 hochgerechneten, disaggregierten Daten der TU Wien verwiesen.

7 Entwicklungsszenarien bis 2050

Der deutsche Mehrfamilienhausbestand ist großem Wandel unterworfen. Nach der Wiedervereinigung von BRD und DDR wurden viele ostdeutsche Gebäude aufwendig saniert (vgl. Bigalke et al. 2015, S. 57) und auch in Teilen abgerissen. Auch die jüngste Entwicklung auf dem Immobilienmarkt war stark investiv geprägt. Viele Immobilien wurden neu errichtet. Als Folge der schlechten Renditen am Finanzmarkt haben genossenschaftliche Wohnungsunternehmen starke Kapitalzuwächse, die vermehrt in die Sanierung der Gebäudeportfolios investiert werden. Solche Entwicklungen sind praktisch nicht vorherzusehen. Glaubt man den aktuellen Meldungen in den Medien und den dort zitierten Studien des Deutschen Instituts für Wirtschaftsförderung (DWI), so ist davon auszugehen, dass die Investitionen in Gebäude im Jahr 2019 nahezu konstant bleiben werden.

Da die Vorhersage solch kurzfristiger Ereignisse in einem Zeitraum bis 2050 nicht sinnvoll möglich ist, wird Betrachtung im Regelfall umgekehrt. Es werden fixe Ziele definiert und daraus werden mögliche Maßnahmen zur Erreichung der Ziele abgeleitet. Die aktuellste, ganzheitliche Betrachtung für Deutschland bietet die Studie „Klimapfade für Deutschland“ (Gerbert et al. 2018). Als Zielkorridor wird darin eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 80 bis 95 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 vorgegeben. Entsprechend werden die Klimapfade 80% bzw. 95% als Szenarien weiter untersucht. Gemäß dem Bericht wird der deutsche Gesamtgebäudebestand (Wohnen und GHD) 2050 etwa 28,6 Millionen Gebäude umfassen. Davon werden 47 bis 55 Prozent mit Wärmepumpen versorgt werden. Weitere 21 bis 26 Prozent des Heiz- und Warmwasserbedarf wird nach den Prognosen über Fernwärme bereitgestellt werden (vgl. hierzu Tabelle 39).

Tabelle 39 – Prognose Sanierung und Wärmeversorgung des deutschen Gebäudebestands 2050, Datenbasis: Gerbert et al. 2018

	Referenzpfad	80% Klimapfad	95% Klimapfad
Durchschnittliche Sanierungsrate (2015- 2050) in %	1,1	1,7	1,9
Sanierungsniveau ¹	KfW 85	KfW 70	KfW 55- KfW 70
Wärmepumpenanteil am Endenergiebedarf ^{1,2} in %	14	47	55
Wärmepumpenanzahl in Mio.	~4	~13	~15
Fernwärmeanteil am Endenergiebedarf ¹ in %	14	21	26
Anzahl Fernwärmeanschlüsse in Mio.	~4	~6	~7

¹ bezogen auf Raumwärme- und Warmwasserbedarf

² Systemdienliches Verhalten vorausgesetzt

Beim 95% Klimapfad wird davon ausgegangen, dass 2050 etwa 80 Prozent des Gesamtgebäudebestandes energetisch saniert wären. Die verbleibenden 20 Prozent würden lediglich erst kürzlich sanierte, energieeffiziente Gebäude, sowie schwer sanierbare (z.B. denkmalgeschützte) Gebäude umfassen.

Neben der o.g. Wärmeversorgung durch Fernwärme und Wärmepumpen verbleibt ein Anteil von 19 bis 32 Prozent. Dort wird bei einer nahezu vollständigen CO₂- neutralen Energieversorgung weiterhin die Versorgung mit Gas relevant bleiben. Allerdings wird davon ausgegangen, dass die fossilen Anteile der Gasversorgung durch Biogas ersetzt wird (Biogasanlagen, power to gas etc.).

Mehr als eine Tendenz sollte man in diesen Daten allerdings nicht sehen. Zu groß sind die Unsicherheiten hinsichtlich Technologieabschätzung einerseits und der Abschätzung der politischen Motivation auf der anderen Seite. Zum Vergleich: Hinsichtlich einer sinnvollen Abschätzbarkeit von Technologieentwicklungen halten die Autoren der BPIE- Studie „Die Sanierung des deutschen Gebäudebestandes“ (Buildings Performance Institute Europe (BPIE)) maximal 15 Jahre als Betrachtungszeitraum für sinnvoll.

8 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 (m²/m³) beträgt 1/m. Je kleiner das A/V- Verhältnis, um so kompakter ist das Gebäude. Eine hohe Kompaktheit zeugt durch die geringeren Transmissionswärmeverluste zu meist 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 Bau-Handbuch 2010, S. 1/7 f.)

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 (BReg.), §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 (BReg.), §22, Abs. 3). (Ausnahmen aufgrund bestehender Baukörper sind jedoch zulässig.)

Bruttogrundfläche (BGF)

Die Bruttogrundfläche bildet die Summe der Konstruktionsgrundflächen (KGF) und der Nettoraumflächen (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 277-1:2016-01.

Geschossfläche (GF)

Die Geschossfläche beschreibt die Fläche eines nach Außenmaßen gemessenen Vollgeschosses. (Hotzan 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 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 2004, 182 f.)

Grundflächenzahl (GRZ)

Die Grundflächenzahl gibt an wie groß die bebaubare Grundfläche eines Grundstücks ist. Die maximale GRZ ist 1,0 (Hotzan 2004, 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 277-1:2016-01.

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 277-1:2016-01.

Nutzungsfläche (NUF)

Die Nutzungsfläche, eine Teilfläche der NRF, bestimmt die wesentliche Nutzung des Bauwerks. Die DIN 277-1:2016-01 schlägt zur Klassifizierung der Nutzflächen sieben Kategorien vor. Eine weitere Unterteilung ist zulässig. Die genaue Berechnungsgrundlage bildet die DIN 277-1:2016-01.

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 277-1:2016-01.

Verkehrsfläche (NUF)

Die Verkehrsfläche ist eine Teilfläche der Nettoraumfläche. Sie beschreibt Flächen zu horizontalen und vertikalen Erschließung des Bauwerks. Die genaue Berechnungsgrundlage bildet die DIN 277-1:2016-01.

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. „[...]er beschreibt den Wärmestrom in Watt, der bei einer Temperaturdifferenz von einem [...] Kelvin [...] zwischen Innen- und Außenseite je m² Bauteilfläche hindurchgeht. Seine Einheit ist W/(m²K). Je kleiner der U- Wert, umso geringer sind die Wärmeverluste des Bauteils.“ (RWE Bau-Handbuch 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

9 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
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	Arbeitsplatz/ Arbeitsplätze
ARGE	Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.
ARGE-SH	Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.
BAK	Baualtersklasse
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BauO	Bauordnung
Bbl.	Beiblatt
BGF	Brutto- Grundfläche
BMK	Bauministerkonferenz
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
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
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
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
v.a.n.i.	von außen nach innen
v.i.n.a.	von innen nach außen
v.li.n.re.	von links nach rechts
v.o.n.u.	von oben nach unten
v.re.n.li.	von rechts nach links
v.u.n.o.	von unten nach oben
VF	Verkehrsfläche
vsl.	voraussichtlich
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WE	Wohneinheit
WE	Wohneinheiten
Whg.	Wohnung
WLG	Wärmeleitgruppe
Zi.	Zimmer

10 Literaturverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland - AK Liegenschaftskataster (ADV - AK LK) (2015): ALKIS®- Grunddatenbestand und länderspezifische Inhalte. Hg. v. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV). München. 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, zuletzt geprüft am 27.04.2017.

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV): Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS®). Unter Mitarbeit von Marcus Wandinger. Hg. v. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV). München. Online verfügbar unter <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Liegenschaftskataster/ALKIS/>, zuletzt geprüft am 24.07.2017.

Bauaufsicht und Stadtplanungsamt (Stadt Frankfurt a. M.) (2016): Arbeitshilfe Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ). Hg. v. Bauaufsicht und Stadtplanungsamt (Stadt Frankfurt am Main). Frankfurt am Main. Online verfügbar unter www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/show.php?ID=13344&psid=d, zuletzt geprüft am 06.04.2017.

Bauministerkonferenz (BMK): Musterbauordnung. MBO, vom 13.05.2016. Online verfügbar unter <https://www.bauministerkonferenz.de/IndexSearch.aspx?method=get&File=b8a84yy3y8b984808abb4yb8y9ya8ayyb9y884b94ya2a0a149abayaaay4b80b8y0wh13xvmzstf5fxjbc2t5e3r>, zuletzt geprüft am 10.10.2017.

Bigalke, U.; Zhang, Y.; Kunde, J.; Schmitt, M.; Zeng, Y.; Discher, H. et al. (2015): Der dena- Gebäudereport 2015. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. Unter Mitarbeit von Bigalke, U./ Zhang, Y./ Kunde, J./ Schmitt, M./ Zeng, Y./ Discher, H./ Bensmann, K./ Stolte, C. Hg. v. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Berlin. Online verfügbar unter https://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/publikationen/dena-Gebaedudereport_2015.pdf, zuletzt geprüft am 27.02.2018.

Buildings Performance Institute Europe (BPIE): Die Sanierung des deutschen Gebäudebestandes. Eine wirtschaftliche Bewertung aus Investorensicht. Unter Mitarbeit von D. Staniaszek, F. Anagnostopoulos, R. Lottes, L. Kranzl, A. Toleikyte, J. Steinbach et al.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2014): Die besonders erhaltenswerte Bausubstanz in der integrierten Stadtentwicklung. Erkennen - Erfassen - Entwicklung steuern. Kommunale Arbeitshilfe Baukultur. 1000. Aufl. Unter Mitarbeit von A. Michaelis-Winter und R. Ruland. 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, zuletzt geprüft am 05.03.2018.

Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (BReg.): Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke. BauNVO, vom 23.01.1990. Fundstelle: BGBl. I S. 1548. Online verfügbar unter <https://dejure.org/gesetze/BauNVO>, zuletzt geprüft am 09.05.2017.

Bürger, Dr. V.; Heese, Dr. T.; Quack, D.; Palzer, A.; Köhler, B.; Herkel, S.; Engelmann, Dr. P. (2016): Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. Climate Change 06/2016. Unter Mitarbeit von J. Schubert. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaneutraler-gebaeudebestand-2050>, zuletzt geprüft am 07.03.2018.

Burhenne, Wolfgang E. (Hrsg.) (ab 1962): Umweltrecht. Systematische Sammlung der Rechtsvorschriften des Bundes und der Länder. Berlin: Erich Schmidt Verlag (ESV-Handbücher zum Umweltschutz).

complan Kommunalberatung GmbH (2017): Besonders erhaltenswerte Bausubstanz im Land Brandenburg. Kommunale Handlungsansätze zur Erfassung, Bewertung und Entwicklung. Abschlussbericht. Unter Mitarbeit von H. Drost, K. Schumacher und M. Vobruba. Hg. v. complan Kommunalberatung GmbH. Potsdam. Online verfügbar unter http://www.mil.brandenburg.de/media_fast/4055/171214_Abschlussbericht_Online.pdf, zuletzt geprüft am 06.03.2018.

Diefenbach, N.; Cischinsky, H.; Rodenfels, M.; Clausnitzer, K.-D. (2010): Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Hg. v. Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU). Darmstadt. Online verfügbar unter http://datenbasis.iwu.de/dl/Endbericht_Datenbasis.pdf, zuletzt geprüft am 05.04.2017.

Diefenbach, N.; Loga, T.; Born, R.; Großklos, M.; Herbert, C. (2002): Energetische Kenngrößen für Heizungsanlagen im Bestand. Hg. v. Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU). Darmstadt. Online verfügbar unter http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/IWU_Anlagenkennwerte_Bestand.pdf, zuletzt geprüft am 18.05.2017.

diverse Planverfasser (divers ab 1928): Planunterlagen der Beispielgebäude aus dem IWU- Archiv. IWU Darmstadt. IWU, Archivgut bereitgestellt über Herrn Rolf Born im Juni 2016.

Drewer, A.; Paschko, H.; Paschko, K.; Patschke, M. (2013): Wärmedämmstoffe. Kompass zur Auswahl und Anwendung. Köln: Rudolf Müller GmbH & Co. KG.

Fahrion, M.-S.; Horn, S.; Naumann, T.; Nikolowski, J.; Weller, B. (2016): Baukonstruktion im Klimawandel. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Faller, Peter (2002): Der Wohngrundriss. Untersuchung im Auftrag der Wüstenrot Stiftung. Unter Mitarbeit von Eberhard Wurst, Katarina Wilhelm, Karin Trattnig, Kersten Schagemann, Johannes Heyne und Christopher Quantrill. Stuttgart, München: Deutsche Verlags-Anstalt (DVA).

DIN 18065, 2015-03: Gebäudetreppen - Begriffe, Messregeln, Hauptmaße.

Gerbert, P.; Herold, P.; Burchardt, J.; Schönberger, S.; Rechenmacher, F.; Kirchner, A. et al. (2018): Klimapfade für Deutschland. Hg. v. Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI), Boston Consulting Group (BCG) und Prognos. Online verfügbar unter <https://e.issuu.com/embed.html#2902526/57478058>, zuletzt geprüft am 15.03.2018.

Hahmann, S.; Hecht, R.; Kunze, C. (2013): Zur Vollständigkeit des Gebäudedatenbestandes von OpenStreetMap. Hg. v. Kirschbaum Verlag GmbH. Dresden, Bonn (Kartographische Nachrichten, 02/2013). Online verfügbar unter <http://koenigstuhl.geog.uni-heidelberg.de/publications/2013/Hahmann/KN.pdf>, zuletzt geprüft am 27.07.2017.

Hannemann, C. (2014): Aus Politik und Zeitgeschichte - Wohnen. Unter Mitarbeit von R. Kaltenbrunner, M. Waltersbacher, B. Egner, M. Voigtländer, A. Holm, S. Gerull et al. Hg. v. Bundeszentrale für politische Bildung (bpb). Bonn. Online verfügbar unter http://www.bpb.de/system/files/dokument_pdf/APuZ_2014-20-21_online.pdf, zuletzt geprüft am 10.05.2017.

Häußermann, H.; Siebel, W. (2000): Soziologie des Wohnens. Eine Einführung in Wandel und Ausdifferenzierung des Wohnens. 2. korrigierte Auflage. Weinheim, München: Juventa Verlag.

Hegger, M.; Dettmar, J.; Martin, A.; Meinberg, T.; Boczek, B.; Drebes, C. et al. (2012): UrbanReNet - Schlußbericht. EnEff:Stadt - Verbundprojekt Netzoptimierung - Teilprojekt: Vernetzte regenerative Energiekonzepte im Siedlungs- und Landschaftsraum. Hg. v. TU Darmstadt. Darmstadt.

Hegger, M.; Dettmar, J.; Meinberg, T.; Drebes, C.; Schulze, J.; Siebel, S.; Sylla, O. (2015): UrbanReNet Phase II - Schlussbericht. EnEff:Stadt - UrbanReNet Phase 2: Weiterführung und inhaltliche Vertiefung des Forschungsprojektes UrbanReNet - Vernetzte regenerative Energiekonzepte im Siedlungs- und Landschaftsraum. Hg. v. TU Darmstadt. Darmstadt.

Heisel, J. P. (2016): Planungsatlas. Praxishandbuch Bauentwurf. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH.

DIN EN 12831 - Beiblatt 1, 2008-07: Heizsysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Nationaler Anhang NA.

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2017): Modernisierung zum Passivhaus im Bestand. Konzepte der Altbaumodernisierung mit Passivhauskomponenten. Realisierte Beispiele aus dem hessischen Förderprogramm. überarbeitete Auflage. Unter Mitarbeit von T. Königstein. Hg. v. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung. Wiesbaden. Online verfügbar unter https://www.energieland.hessen.de/mm/Broschre_Passivhaus_im_Bestand_08-2017.pdf, zuletzt geprüft am 07.03.2018.

Hotzan, J. (2004): dtv- Atlas Stadt. Von den ersten Gründungen bis zur modernen Stadtplanung. Unter Mitarbeit von F. Ulrich, J. Schreiber und W. Wildermuth. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. München: Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG.

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (2010): Datenbasis Gebäudebestand. Datenbank. Unter Mitarbeit von N. Diefenbach, H. Cischinsky, M. Rodenfels, A. Beer und G. Nuss. Hg. v. Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU). Darmstadt.

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (2012a- 2016): TABULA Webtool. Hg. v. Institut Wohnen und Umwelt GmbH. Darmstadt. Online verfügbar unter <http://webtool.building-typology.eu/#bm>, zuletzt geprüft am 28.04.2017.

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (2012b- 2016): Webpräsenz der Projekte TABULA und EPISCOPE. Erläuterung der Berechnungsmethodik. Hg. v. Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU). Darmstadt. Online verfügbar unter <http://episcope.eu/building-typology/tabula-structure/calculation/>, zuletzt geprüft am 17.05.2017.

ista Deutschland GmbH (2018): Energiesparen im Alltag. Die richtige Temperatur kann Kosten sparen. Hg. v. ista Deutschland GmbH. Essen. Online verfügbar unter <https://www.ista.com/de/infocenter/energiespartipps/#c59516>, zuletzt geprüft am 22.02.2018.

Klempnow, M.; Hasler, D. (2013): Gut beraten - Energieeffizienz im erhaltenswerten Bestand. Regionalkonferenz - "Die besonders erhaltenswerte Bausubstanz". Wittenberg, 17.05.2013. Online verfügbar unter http://www.staedtebaulicher-denkmalschutz.de/aktuelles/regionalkonferenzen/Hasler_Klempnow_Energieeffizienz.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2018.

Kompetenzzentrum "Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen" (2006): Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten. Info-Blatt Nr. 4.2. Hg. v. Kompetenzzentrum "Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen". Insitut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. (IEMB) an der TU Berlin. Berlin. Online verfügbar unter www.ksb-hi.de/images/pdf2/4_3_3_Lebensdauer_Bauteile.pdf, zuletzt geprüft am 06.04.2017.

Land Baden- Württemberg: Landesbauordnung für Baden- Württemberg. LBO, vom 05.03.2010. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Bayern: Bayerische Bauordnung. BayBO, vom 14.08.2007. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Berlin: Bauordnung für Berlin. BauO Bln, vom 29.09.2005. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Brandenburg: Brandenburgische Bauordnung. BbBO, vom 19.05.2016. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Bremen: Bremische Landesbauordnung. BauO BR, vom 06.10.2009. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Hamburg: Hamburgische Bauordnung. HBauO, vom 14.12.2005. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Hessen: Hessische Bauordnung. HBO, vom 15.01.2011. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Mecklenburg- Vorpommern: Landesbauordnung Mecklenburg- Vorpommern. LBauO M-V, vom 15.10.2015. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Niedersachsen: Niedersächsische Bauordnung. NBauO, vom 03.04.2012. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Nordrhein- Westfalen: Bauordnung für das Land Nordrhein- Westfalen. BauO NRW, vom 01.03.2000. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Rheinland- Pfalz: Landesbauordnung Rheinland- Pfalz. LBauO, vom 24.11.1998. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Saarland: Landesbauordnung. LBO, vom 18.02.2004. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Sachsen: Sächsische Bauordnung. SächsBO, vom 11.05.2016. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Sachsen- Anhalt: Bauordnung des Landes Sachsen- Anhalt. BauO LSA, vom 10.09.2013. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Schleswig- Holstein: Landesbauordnung für das Land Schleswig -Holstein. LBO, vom 22.01.2009. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Land Thüringen: Thüringer Bauordnung. ThürBO, vom 25.03.2014. Online verfügbar unter juris.de, zuletzt geprüft am 09.10.2017.

Loga, T.; Diefenbach, N.; Knissel, J.; Born, R. (2005): Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden. Kurztitel: Kurzverfahren Energieprofil. Endbericht. 1. Auflage. Darmstadt. Online verfügbar unter http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/iwu-kurzverfahren_energieprofil-endbericht.pdf, zuletzt geprüft am 06.04.2017.

Loga, T.; Imkeller- Benjes, U. (1997): Energiepaß Heizung/ Warmwasser. Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem. Unter Mitarbeit von R. Born. 1. Auflage. Darmstadt, zuletzt geprüft am 16.03.2018.

Loga, T.; Stein, B.; Diefenbach, N.; Born, R. (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. 2. erweiterte Auflage. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU).

Nikolowski, J. N. (2014): Wohngebäude im Klimawandel - Verletzbarkeit und Anpassung am Beispiel von Überflutung und Starkregen. Dissertationsschrift. TU Dresden, Dresden. Fakultät für Bauingenieurwesen. Online verfügbar unter http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/15020/Dissertation_Nikolowski_mit_Anhang_A-1.pdf, zuletzt geprüft am 06.04.2017.

Prange, R. (1991): Das Kristalline als Kunstsymbol. Bruno Taut und Paul Klee. Hildesheim, Zürich, New York: Georg Olms Verlag (Studien zur Kunstgeschichte, Band 63).

Raabe, C. (2015): Denkmalpflege. Schnelleinstieg für Architekten und Bauingenieure. Wiesbaden: Springer Vieweg (Essentials).

DIN 4701-2, 1983-03: Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden - Tabellen, Bilder, Algorithmen.

Roth, U. (1980): Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen: Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Schriftenreihe "Raumordnung" des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau).

RWE Bau-Handbuch. mit EnEV 2009 (2010). 14. Ausgabe. Frankfurt am Main, Bonn, Berlin, Heidelberg: EW Medien u. Kongresse GmbH.

Schönfeld, J. W. (1992): Gebäudelehre. 2. Auflage. Stuttgart, Berlin, Köln: W. Kohlhammer.

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

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011a): Zensus 2011 - Zensusdatenbank, Auswertung Mietergruppen. Hg. v. Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Fürth. Online verfügbar unter https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=WOHNUNG;absRel=ANZAHL;ags=00;agsAxis=X;yAxis=NUTZUNG:2,GEBAEUDEART_SYS:111,WOHNFLAE-CHE_10S,ZAHLWOHNGN_HHG:3:4:5,HHTYP_FAM, zuletzt geprüft am 11.04.2017.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011b): Zensus 2011 - Zensusdatenbank, Auswertung Raumanzahl. Wohnungen nach Art des Gebäudes, Art der Wohnungsnutzung und weitere Merkmale für Deutschland. Hg. v. Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Fürth. Online verfügbar unter https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=WOHNUNG;absRel=ANZAHL;ags=00;agsAxis=X;yAxis=NUTZUNG:2,GEBAEUDEART_SYS:111,WOHNFLAE-CHE_10S,ZAHLWOHNGN_HHG:3:4:5,RAUMANZAHL, zuletzt geprüft am 11.04.2017.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011c): Zensus 2011 - Zensusdatenbank, Auswertung Wohnungsgröße. Wohnungen nach Art des Gebäudes, Art der Wohnungsnutzung und weitere Merkmale für Deutschland. Hg. v. Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Fürth. Online verfügbar unter https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=WOHNUNG;absRel=ANZAHL;ags=00;agsAxis=X;yAxis=NUTZUNG:2,GEBAEUDEART_SYS:111,WOHNFLAE-CHE_10S,ZAHLWOHNGN_HHG:3:4:5, zuletzt geprüft am 11.04.2017.

Statistisches Bundesamt (DESTATIS) (2012): Bauen und Wohnen. Mikrozensus - Zusatzerhebung 2010 Bestand und Struktur der Wohneinheiten Wohnsituation der Haushalte. Art.- Nr.: 2055001109005. Hg. v. Statistisches Bundesamt (DESTATIS). Wiesbaden. Online verfügbar unter

https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/EinkommenKonsumLebensbedingungen/Wohnen/WohnsituationHaushalte2055001109005.xls?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 28.04.2017.

Statistisches Bundesamt (DESTATIS) (2016): Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestandes - Lange Reihen. 1969 bis 2015. Artikel: 5312301157004. Hg. v. Statistisches Bundesamt (DESTATIS). Wiesbaden. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bauen/Wohnsituation/FortschreibungWohnungsbestandPDF_5312301.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 28.04.2017.

Umweltbundesamt (UBA) (2017): Richtig heizen. Hg. v. Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), dieses vertreten durch die Präsidentin des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/richtig-heizen>, zuletzt aktualisiert am 21.09.2017, zuletzt geprüft am 26.02.2018.

Völckers, O. (1949): Das Grundrißwerk. 3. Auflage. Stuttgart: Julius Hoffmann Verlag Stuttgart.

Walberg, D.; Holz, A.; Gniechewitz, T.; Schulze, T. (2011): Wohnungsbau in Deutschland - 2011 - Modernisierung oder Bestandsersatz. Hg. v. ARGE für zeitgemäßes Bauen e.V. Kiel (Band 1 (Textband)).

VDI- Richtlinie 2067, 2012-09: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung.

Appendix A – OSM- Daten in CAD- Programme übergeben

Wie in Kapitel 2.7.2 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 Wandelung dieser Daten über OSM2Word in CAD- lesbare Formate ignoriert allerdings die unterschiedlichen Bezeichner der Objekte. Das Ergebnis ist, das Objekte mit unterschiedlichen Tags auf einen Layer gelegt werden, was eine (halb-)automatisierte Weiterverarbeitung der Daten erschwert.

A.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 19). Eine Übersicht der in OSM verwendeten Schlüssel ist im OSM- Wiki (<http://wiki.openstreetmap.org>) dargestellt.

The screenshot shows the Taginfo website interface. At the top, there is a search bar with the text 'Deutsch' and a search icon. Below the search bar, there are navigation links: KEYS · TAGS · RELATIONS · PROJEKTE · REPORTS · ÜBER TAGINFO. The main content area is titled 'building' and includes a description: 'Bildet den Grundriss eines Gebäudes ab'. There are several tabs: Übersicht, Values, Kombinationen, Ähnlich, Karte, Wiki, Projekte. The 'Values' tab is active, showing a table of values for the 'building' key. The table has columns for Value, Anzahl, Wiki, and Beschreibung. The data is as follows:

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.

Abbildung 19 – taginfo- Ergebnis für den Schlüssel „building“ – Stand: 01.08.2017

A.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 20 und Abbildung 21). 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;

```

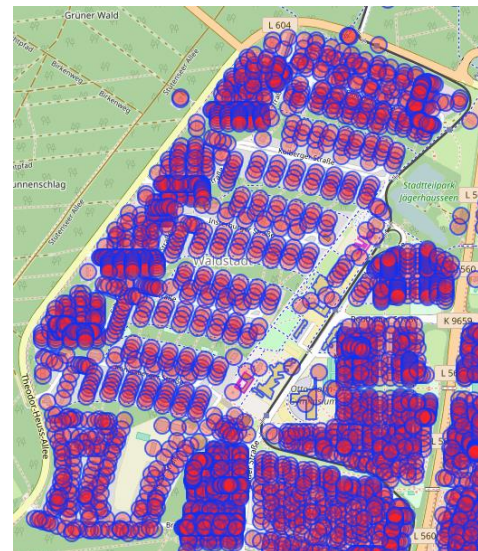


Abbildung 20 – Abfragestruktur und grafisches Abfrageergebnis für alle Gebäude (Key: building) im Gebiet der Karlsruher Waldstadt – Stand: 01.08.2017

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.

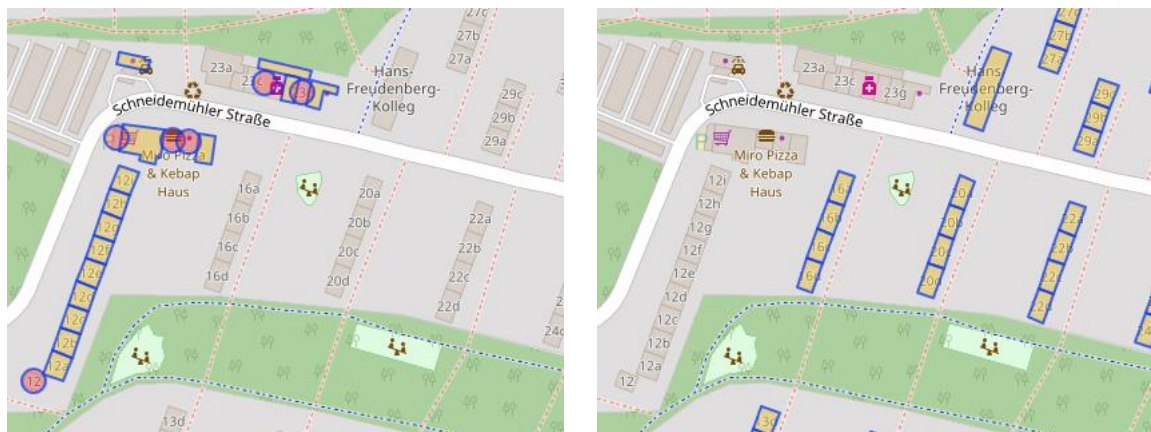


Abbildung 21 – grafisches Abfrageergebnis für Key „building“; links in Kombination mit Value „yes“, rechts in Kombination mit Value „apartments“ (Gebiet: Karlsruhe – Waldstadt) – Stand: 01.08.2017

In Abbildung 21 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.

A.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- OpenStreet-Map- Editor (JOSM¹) einzelne Datenlayer geladen und anschließend exportiert werden.

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

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 22).

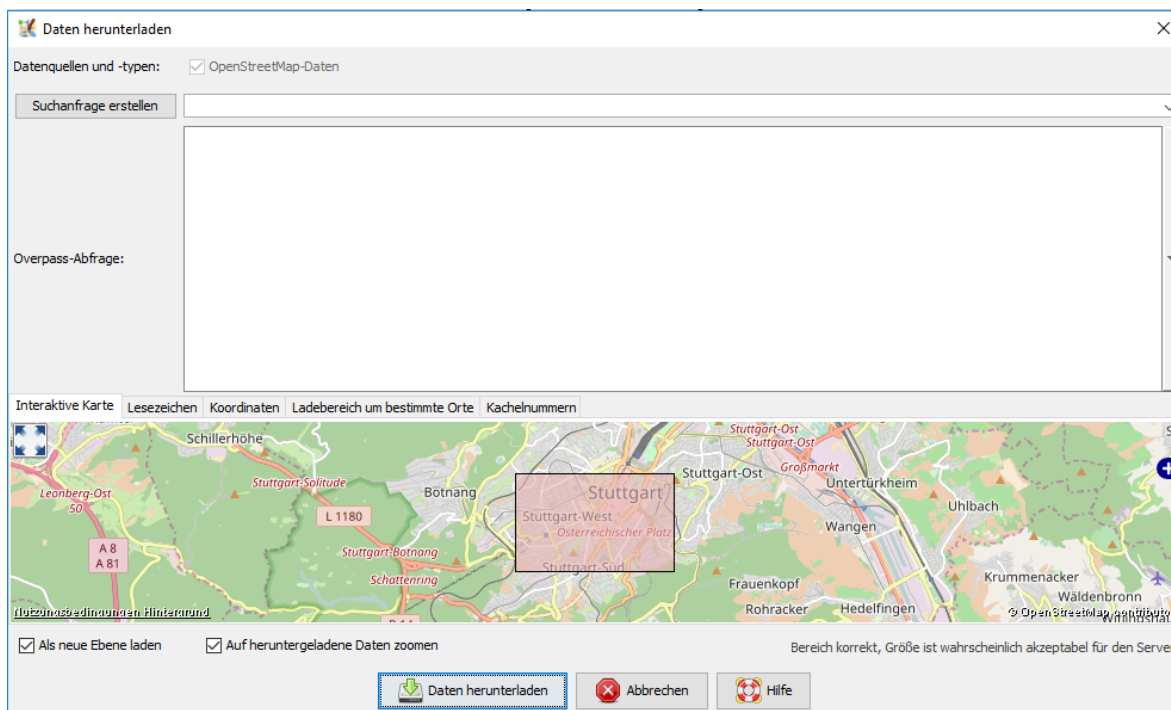


Abbildung 22 – JOSM- Dialog zum Datendownload via Overpass-API mit Kartenausschnitt von Stuttgart (JOSM- Version: 12275)

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 23). Eine Datei ergibt später dann einen Layer im CAD-System.

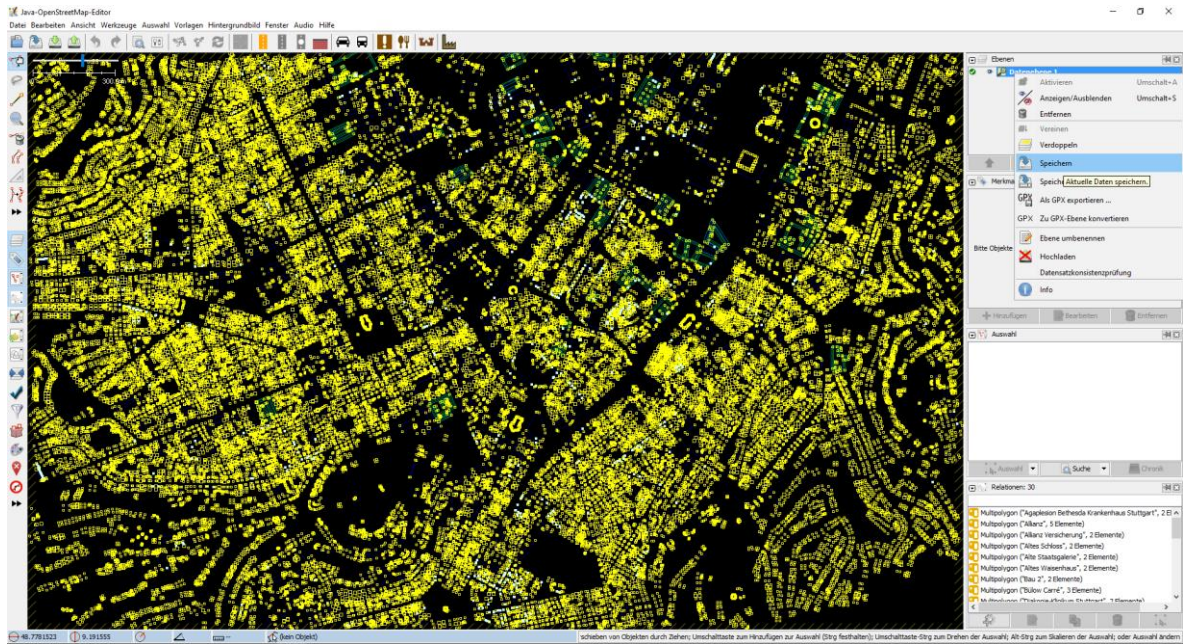


Abbildung 23 – Datenexport aus JOSM, Daten: Gebäude, Gebiet: Stuttgart- West (JOSM- Version: 12275)

A.4 OSM2World¹: 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 24).

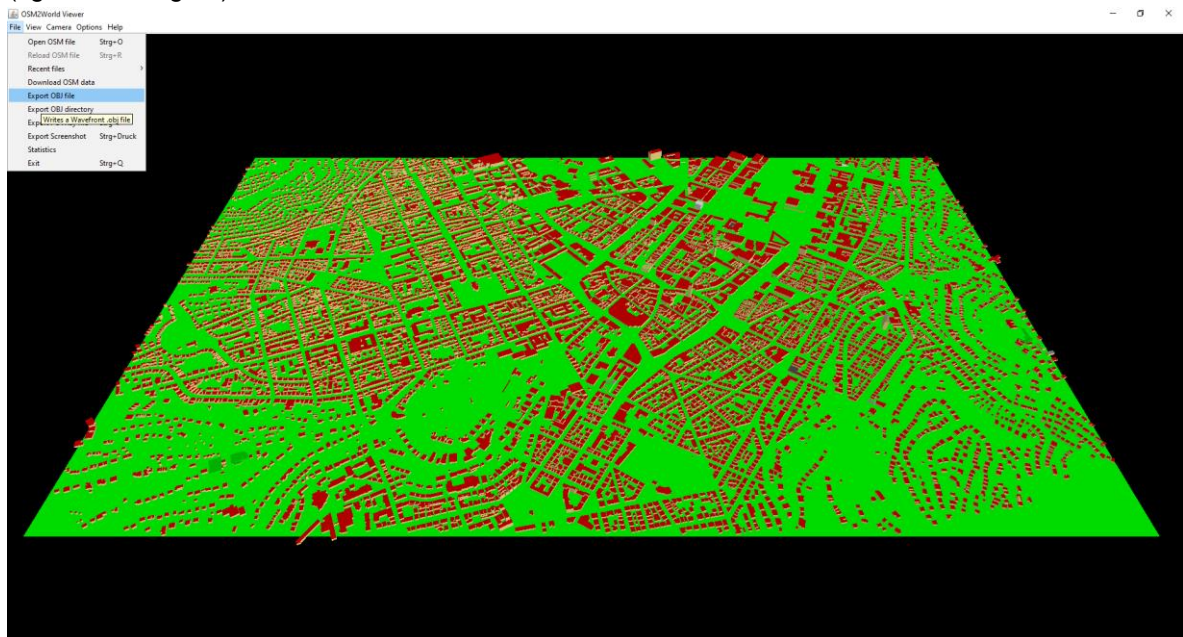


Abbildung 24 – Gebäudedaten von Stuttgart- West aus OSM2World in eine OBJ- Datei exportieren (OSM2World- Version: 0.2.0)

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 25) sind möglich.

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



Abbildung 25 – 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).

Appendix B – 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.

B.1 Vergleich von Wohnungsanzahl und -größen

Nachfolgend wird das Verhältnis bezüglich der Wohnungsanzahl von Mehrfamilienhäusern zu Reihenhäusern und bezüglich der mittleren Wohnungsgröße ermittelt.

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 Wohnungsanzahl 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 40 – Vergleich von Reihenhaus und Mehrfamilienhaus nach Wohnungsanzahl und mittlerer Wohnungsgröße, Datenbasis: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016 Drewer et al. 2013

BAK	Wohnungsanzahl pro TRH			mittlere Wohnungsgröße pro TRH (Basis: konditionierte Wohnfläche)			Faktor kombiniert
	RH	MFH	MFH/RH*	RH [m²]	MFH [m²]	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

B.2 Vergleich von Gebäudeflächen und Volumina

Nachdem in vorangegangenem Kapitel die Wohnungsebene betrachtet wurde, soll in diesem Kapitel ein Vergleich hinsichtlich der Gebäudemasse von Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern erfolgen.

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 41 – Vergleich von Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern nach Energiebezugsfläche, konditioniertem Bruttogebäudevolumen und wärmeübertragender Umfassungsfläche, Datenbasis: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016

BAK	Energiebezugsfläche pro TRH			kond. Bruttovolumen pro TRH			Hüllfläche		
	RH [m²]	MFH [m²]	MFH/RH*	RH* [m³]	MFH* [m³]	MFH/RH*	RH* [m²]	MFH* [m²]	MFH/RH*
A (...- 1859)	-	677,5	-	-	2.488	-	-	1.316	-
B (1860- 1918)	96,0	312,4	3	390	1.360	3	215	408	2
C (1919- 1948)	112,8	385,0	3	423	1.171	3	188	745	4
D (1949- 1957)	149,6	632,3	4	469	1.919	4	346	1.273	4
E (1958- 1968)	117,4	782,3	7	374	2.599	7	148	1.123	8
F (1969- 1978)	106,3	468,6	4	335	1.435	4	201	853	4
G (1979- 1983)	108,3	654,0	6	409	2.040	5	247	1.045	4
H (1984- 1994)	127,6	778,1	6	421	2.413	6	193	1.437	7
I (1995- 2001)	148,8	834,9	6	495	2.972	6	213	1.428	7
J (2002- 2009)	151,9	2.190,1	7	483	3.844	8	341	3.208	9
K (2010- 2015)	195,8	1.305,0	7	747	5.371	7	381	2.127	6
L (2016- ...)	195,8	1.305,0	7	747	5.371	7	381	2.127	6

* Angaben gerundet

B.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 Reihenhäuserverbund als Mehrfamilienhausäquivalent betrachtet werden können, sollten die Abweichungen über alle Baualtersklassen ähnliche Differenzen aufweisen. Betrachtet man Tabelle 42, 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 42 – Vergleich der Nutzwärmebedarfe für Heizen nach Sanierungsstand und Baualtersklasse, Datenbasis: Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012a- 2016Drewer,A./Paschko,H./Paschko,K./Patschke,M.É

BAK	Nutzwärmebedarf Bestand [kWh/(m²a)]			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

B.4 Vergleich von Erschließungsflächen

Betrachtet man die Erschließung in Reihenhäusern, so gibt es zwei gängige Erschließungsarten (vgl. Abbildung 26). Zumeist liegt im Reihenhaus 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 4.6.1 entspricht.

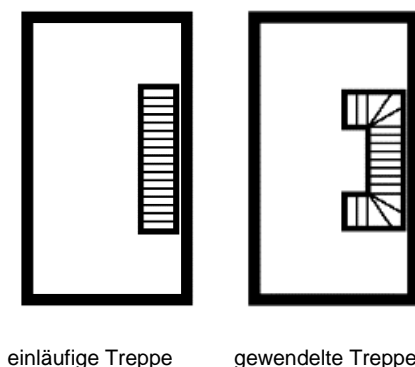


Abbildung 26 – typische Erschließungsformen in Reihenhäusern

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

Das Treppenhaus im Mehrfamilienhaus benötigt mindestens etwa 22 Quadratmetern 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 elf Quadratmeter. (Bei drei Wohnungen (Dreispänner) wären es sogar nur 7,33 Quadratmeter.)

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).

B.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.

Projektpartner



Kontakt

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
IEB/fbta - Dipl.-Ing. Bernd Ebert

Fakultät für Architektur (CS, Geb. 20.40)
Englerstraße 7
76131 Karlsruhe

Telefon: +49 721 608 4 2178
Telefax: +49 721 608 4 6092
E-Mail: bernd.ebert@kit.edu
www: fbta.ieb.kit.edu

Herausgeber

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Kaiserstr. 12
76131 Karlsruhe
www.kit.edu

Karlsruhe © KIT 2018

