



Martin Thomas Ziegerhofer, BSc

**Der Kostenanteil von
Wärme- und Schallschutzmaßnahmen
im Wohnbau**

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Architekt Andreas Lichtblau

Institut für Wohnbau

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Datum

.....

Unterschrift

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz,

date

.....

signature

Anmerkung

In der vorliegenden Masterarbeit wird auf eine Aufzählung beider Geschlechter oder die Verbindung beider Geschlechter in einem Wort zugunsten einer leichteren Lesbarkeit des Textes verzichtet. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich festgehalten werden, dass allgemeine Personenbezeichnungen für beide Geschlechter gleichermaßen zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Architekt Andreas Lichtblau, der in zeitintensiven und inhaltlich fokussierten Diskussionen immer ein angenehmer Gesprächspartner war.

Die Erarbeitung einer Diplomarbeit, die am Ende eines Lebensabschnittes steht, erfordert Menschen im privaten Umfeld, die einem trotz aller Entbehrungen des täglichen Lebens immer zur Seite stehen. Neben all meinen Freunden, deren Bekanntschaft ich durch das Studium schließen und vertiefen durfte, gilt mein besonderer Dank meinen Eltern Marianne und Karl. Euer unermüdliches Vertrauen in mich und euer mitgegebenes Rüstzeug waren mir in vielen Lebenslagen eine große Stütze.

Euch, liebe Kathi und lieber Julian, widme ich diese Masterarbeit. Ihr seid jeden Tag eine Bereicherung für mein Leben, und dafür möchte ich euch von ganzem Herzen danken!

Graz, am

(Unterschrift des Studenten)

Kurzfassung

In den letzten Jahren ist ein überdurchschnittlicher Preisanstieg bei den Neuvermietungen von Wohnungen zu verzeichnen. Unter anderem werden immer strengere rechtliche und normative Regelwerke für Wärme- und Schallschutz als einer der Hauptpreistreiber angegeben. Die vorliegende Arbeit widmet sich dieser Argumentation und untersucht, ob, und wenn ja in welchem Ausmaß die Veränderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen mit einem Mietpreisanstieg in Verbindung gebracht werden können.

Im ersten Teil dieser Arbeit werden die österreichischen Wohnverhältnisse auf volkswirtschaftlicher Ebene analysiert und mit der Wohnsituation anderer europäischer Länder verglichen. Anschließend werden Grundlagen zur Kostenermittlung im Hochbau vorgestellt, worauf aufbauend Bewertungen ökonomischer Mehraufwendungen für erhöhte Wärme- und Schallschutzanforderungen durchgeführt. Technische Begriffe, die in den rechtlichen und normativen Regelwerken Schwellenwerte definieren, werden dargestellt und diskutiert. Auf diesem Wege werden die Zusammenhänge beider Teilbereiche Technik und Recht erarbeitet. Auf Basis einer umfassenden Literaturrecherche werden unterschiedliche Preisniveaus für verschiedene Ausführungsvarianten zu den Zeitpunkten „Fertigstellung“ und im gesamten Lebenszyklus, bis zum Zeitpunkt „Abbruch“, gegenübergestellt.

Abstract

The prices for new letting real estates have risen above average in recent years. Constant increase of thermal insulation and sound protecting regulations are named as one of the main factors therefor. Due to that argumentation, the following master thesis is investigating whether there is a correlation between tightened law regulations and the price development or not.

The first part analyses the Austrian housing situation and compares it to other EU member states. After that basics regarding to the calculation process of building construction projects are presented, on which extra costs for additional thermal insulation and sound protecting measures are going to be assessed. Attention is given to explain technical terms which describe certain thresholds in law regulations. Based on a sound research different price levels regarding to their level of implementation are going to be listed. Furthermore, their effect on construction costs and life cycle costs are going to be juxtaposed.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage.....	1
1.2	Ziel der Arbeit	1
1.3	Methodik und Vorgehensweise	2
2	Zur Wohnsituation in Österreich	3
2.1	Wohnkosten in Österreich.....	3
2.2	Wohnkosten im europäischen Vergleich	8
3	Grundlagen	10
3.1	Problemstellung der Kostenermittlung	10
3.2	Grundsätze der Kostenermittlung.....	10
3.3	Planungsorientierte Kostenermittlung	11
3.3.1	Normative Grundlage.....	12
3.3.2	Aufschlüsselung der Kostenpositionen nach Bauteilen	15
3.4	Ausführungsorientierte Kostenermittlung	15
3.4.1	Normative Grundlagen.....	16
3.4.2	Aufschlüsselung von Kostenpositionen nach Gewerk	17
3.5	Der Begriff der ABC-Analyse	18
3.6	Datengrundlagen zur Kostenermittlung	20
3.6.1	Kostenermittlung anhand tatsächlich abgeschlossener Projekte	20
3.6.2	Kostenermittlung anhand von Typengebäude	21
4	Bewertung der Investitionskosten für gestiegene gesetzliche und technische Anforderungen an Wärme- und Schallschutz	23
4.1	Allgemeine Kostenbetrachtung anhand des BKI	24
4.1.1	Baupreisentwicklung.....	24
4.1.2	Kostenverteilung auf Kostengruppen	26
4.2	Baulicher Wärmeschutz.....	28
4.2.1	Bauphysikalische Grundlagen.....	29
4.2.2	Rechtliche Grundlagen	32
4.2.3	Gebäudeklassifizierungen.....	38
4.2.4	Problemfelder der Kostenbewertung für Wärmeschutz	42
4.2.5	Ergebnisse zu Kostenaufwendungen für den baulichen Wärmeschutz.....	43
4.2.6	Lebenszykluskostenbetrachtung.....	58
4.2.7	Wärmeschutz bei Sanierung von Bestandsobjekten	61
4.2.8	Analyse der Studienergebnisse	62
4.2.9	Exkurs zum Thema WDVS:	66
4.3	Schallschutz	70
4.3.1	Bauphysikalische Grundlagen.....	70
4.3.2	Rechtliche Grundlagen	73
4.3.3	Problemfelder der Kostenbewertung für Schallschutz	77
4.3.4	Ergebnisse zu Kostenaufwendungen für den Schallschutz	78
4.3.5	Analyse der Studienergebnisse	81
5	Schlussfolgerung	83
	Literaturverzeichnis	88
	Abbildungsverzeichnis	93
	Tabellenverzeichnis	96

Abkürzungsverzeichnis

A	Fläche
a	Jahr
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
BGF	Bruttogeschoßfläche
BK	Betriebskosten
BKI	Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammer
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWFW	Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BRI	Bruttorauminhalt
BVergG	Bundesvergabebebesetz
dB	Dezibel
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
EnEV	Energiesparverordnung
EU-SILC	European Union – Statistics on Income and Living Conditions
f_{GEE}	Gesamtenergieeffizienz-Faktor
GBV	Gemeinnützige Bauvereinigungen Österreichs
HBCD	Hexabromcyclododecan
HWB	Heizwärmebedarf
ISO	International Organisation für Standardisation – Internationale Organisation für Normung
KG	Kostengruppe
K	Kelvin
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kWh	Kilowattstunden
m¹	Meter
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
MRG	Mietrechtsgesetz
NHT	Neue Heimat Tirol
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
PEB	Primärenergiebedarf
PHI	Passivhaus Institut Darmstadt
PHPP	Passivhaus-Projektierungspaket
Stmk. BauG	Steiermärkisches Baugesetz
SSt	Schallschutzstufe
V	Volumen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VPI	Verbraucherpreisindex
W	Watt
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WHO	World Health Organisation - Weltgesundheitsorganisation
WNFL	Wohnnutzfläche
WSchV	Wärmeschutzverordnung

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die bauliche Umsetzung eines Gebäudes unterliegt einer Vielzahl an Rahmenbedingungen, die es im Optimalfall schon zu Beginn des Planungsprozesses zu berücksichtigen gilt. Jede dieser Rahmenbedingungen muss dabei einzeln bewertet und ihr Einfluss auf das konkrete Projekt gewichtet werden. Bei einem Bewertungsprozess ist zu beachten, dass viele Rahmenbedingungen in gegenseitiger Abhängigkeit zueinander stehen. Wird beispielsweise in Erwägung gezogen eine Tiefgarage zu bauen, so hat diese Entscheidung direkten Einfluss auf die Baukosten. Indirekt kann aber in Abhängigkeit des Standortes eine Aufwertung der Liegenschaft die Mehrkosten aufwiegen. Bewertungen einzelner Rahmenbedingungen haben also Einfluss auf andere Themenbereiche, die es zu berücksichtigen gilt. Von diesen Themenfeldern bilden gesetzliche und normative Regelwerke zwei sehr stark beeinflussende Rahmenbedingungen im Bauwesen. Die Gesetzgebung unterliegt dabei einem konstanten Wandel, der sich im Gleichschritt mit gesellschaftlichen Entwicklungen vollzieht, diese aber auch im Rahmen ihres Wirkungsbereiches mitbeeinflusst. In den letzten Jahren wurde eine Debatte über die den Bau betreffenden Gesetzgebungen und ihre Auswirkungen auf den Baupreis geführt. Immer wieder wurde argumentiert, dass unverhältnismäßig hohe Anforderungen an den Wärme- und Schallschutz einen Preisanstieg im Bausektor zur Folge hätte, die auf die Mietpreise umgelegt würden. Erhöhte technische Anforderungen seien also ein indirekter Einflussfaktor für steigende Mietpreise.

1.2 Ziel der Arbeit

Die vorliegende Arbeit analysiert die Entwicklung des Preisgefüges im Wohnbau. Dabei wird untersucht, inwieweit gesetzliche und normative Anforderungen für den Wärme- und Schallschutz gestiegen sind, und in welchem Ausmaß sich der Anstieg der Anforderungen in der allgemeinen Entwicklung des Bau- und Mietpreises wiederfindet.

1.3 Methodik und Vorgehensweise

Der erste Teil der vorliegenden Arbeit analysiert die österreichische Wohnsituation auf volkswirtschaftlicher Ebene und vergleicht die Ergebnisse mit anderen europäischen Ländern. Anschließend werden Kostenanalysen für den Wohnbau zu den Themen Wärme- und Schallschutz durchgeführt, wofür eine umfangreiche Datengrundlage benötigt wird. Daher greift die vorliegende Arbeit auf bereits vorliegende Ergebnisse anderer Studien und einschlägiger Fachliteratur zurück. Dabei werden bewusst Literaturrecherchen mit verschiedenen Argumentationszielen analysiert, um die in der Fachwelt weitgespannte Vielfalt an Meinungen widerzuspiegeln.

Eine Vielzahl an wissenschaftlichen Begriffen definieren die technischen Anforderungen im Bauwesen. Sowohl die Menge an Begriffen als auch deren schwer nachvollziehbarer wissenschaftlicher Inhalt sind Gründe eines oftmals missverständlichen oder verwechselnden Sprachgebrauchs in der Baufachwelt. Dabei wird außer Acht gelassen, dass diese technischen Begrifflichkeiten eigentlich Beschreibungen von Faktoren sind, die einen wesentlichen Einfluss auf das tägliche Leben der Bewohner haben. Diese verschiedenen Einflussfaktoren stehen fallweise in einem direkten Zusammenhang zueinander, der nicht immer auf den ersten Blick erkennbar ist. Darum wird in den jeweiligen Themenbereichen erläutert, welche Konsequenzen mögliche Adaptierungen dieser technischen Schwellenwerte hinsichtlich Wärme- und Schallschutz für Bewohner eines Gebäudes haben können.

Der wirtschaftliche Betrachtungszeitraum eines Bauprojektes endet in der Regel mit der Fertigstellung. Zusätzliche Investitionen werden daher nur mit einer minimal notwendig umzusetzenden Grundvariante auf Basis von gesetzlichen und normativen Mindestanforderungen verglichen. Es liegt in der Natur der Sache, dass ein mit höherem Aufwand ausgeführtes Projekt im Vergleich zu einer „Basisvariante“ mit einem höheren finanziellen Aufwand einhergeht. Jedoch zeigt sich erst in der nach der Errichtungsphase folgenden Nutzungs- und Abbruchphase, ob sich eventuelle finanzielle Mehraufwendungen gegenrechnen. Daher spannt sich der Betrachtungszeitraum nicht nur über die Phase der Errichtung, sondern fokussiert sich auf die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes. Durch den ausgedehnten Betrachtungszeitraum werden höhere Baukosten fallweise relativiert und bieten eine erweiterte Bewertungsmöglichkeit verschiedener Ausführungsstandards.

2 Zur Wohnsituation in Österreich

2.1 Wohnkosten in Österreich

Wohnkosten bilden einen wesentlichen Kostenpunkt der finanziellen Aufwendungen im täglichen Leben, weswegen gerade ihre Entwicklung von großem sozialpolitischem Interesse ist. In der öffentlichen Diskussion werden oftmals die Begriffe „Wohnkosten“ und „Wohnungsmarktpreise“ verwechselt oder gleichwertig verwendet. Tatsächlich beschreiben diese beiden Begriffe unterschiedliche Themenbereiche. Während bei den Wohnkosten alle Haushalte erfasst werden, zeigen die Wohnungsmarktpreise nur jene Haushalte, die eine Wohnung neu bezogen haben. Pro Jahr betrifft das nicht mehr als 5 % der Haushalte in Österreich.

Die Datenerhebung der Wohnkosten erfolgt in Österreich durch die Statistik Austria im Zuge des Mikrozensus.¹ Da das Verfahren zur Datenerhebung zwischen 2003 und 2004 entscheidend verändert wurde, sind die Datensätze vor und nach dieser Änderung nur mehr bedingt miteinander vergleichbar, ohne die Hintergründe dieser statistischen Erhebungen zu kennen.² Aus diesem Grund wird zur Analyse der Preisindizes der Zeitraum von 2005 bis 2015 herangezogen. Im Folgenden werden verschiedene Indizes zur Kosten- und Preissteigerung dargestellt und interpretiert.

Abbildung 2-1 zeigt die Preissteigerungen der Mietkosten inkl. Betriebskosten (BK) im Verhältnis zum Baupreisindex und dem Verbraucherpreisindex (VPI) in Österreich. Während die Mietkostensteigerung zum Baupreisindex im Durchschnitt weitestgehend korreliert, ist im Vergleich der letzten 11 Jahre eine weniger starke Steigerung des VPI festzustellen. Mit dem Eintreten der Finanzkrise 2008 entwickeln sich die dargestellten Charts in einem anderen Verhältnis. Während die Mietkosten (6,77% zu 2005) und der VPI (7% zu 2005) bis 2008 nahezu parallel steigen, fällt der VPI ab 2008 im Vergleich zu den Mietkosten stark ab.

¹ Vgl. Amann/Mundt/Lugger 2010, 13.

² Ebda., 20.

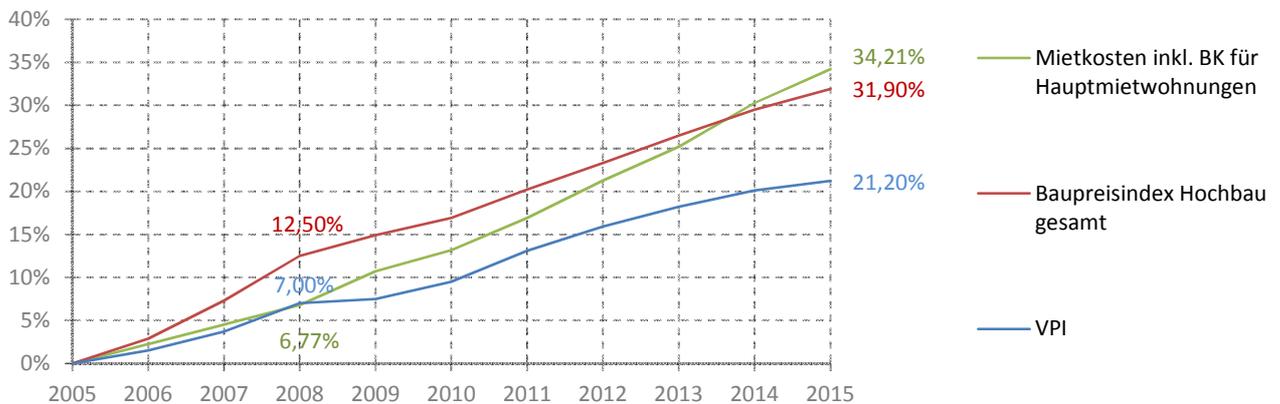


Abbildung 2-1 Baupreisindex und Mietkosten inkl. BK im Vergleich zum VPI (2005 bis 2015)

Amann/Mundt/Lugger weisen darauf hin, dass ein unverhältnismäßig hoher Anstieg der Wohnkosten gegenüber dem VPI eigentlich nicht möglich ist, da der größte Teil der privaten und geförderten Mietwohnungen mit indexierten Bestandsverträgen vermietet wird. Die überproportional gestiegenen Grund- und Baupreise vor 2008 können zwar als Teilaspekt der Mietkostensteigerung angeführt werden, decken aber auf keinen Fall die gesamte Breite der Einflussfaktoren für die Mietkostensteigerung ab. Ein weiterer entscheidender Einflussfaktor ist, dass Wohnen als superiores Gut bei steigendem Einkommen überproportional hoch nachgefragt wird, zumal Ausgaben für Lebensmittel langjährig rückläufig sind und somit mehr finanzielles Haushaltskapital zur Verfügung steht. Dieses Phänomen tritt im Übrigen in allen wirtschaftlich höher entwickelten Ländern auf. Die stärkere Nachfrage nach Wohnungen mit einem gehobenen Ausführungsstandard ist ebenso ein Einflussfaktor für gestiegene Wohnpreise.³ Bei einer genauen Analyse der Mietzusammensetzung ist zu erkennen, dass der Hauptteil der Mietkostenerhöhung der Nettomiete zukommt. Die Betriebskosten steigen dagegen anhaltend langsam an.⁴

Diesen Feststellungen gegenüber steht der Anstieg der Wohnfläche pro Person um mehr als 7% verglichen mit dem erheblich geringer gestiegenen Mietkostenanteils am Haushaltseinkommen um 3,7% im gleichen Zeitraum (Abbildung 2-2).

³ Ebda, 41-45.

⁴ Vgl. Amann/Lugger 2016, 34.



Abbildung 2-2 Wohnfläche pro Person im Vergleich zum Mietkostenanteil am Haushaltseinkommen (2005-2015)

Während Abbildung 2-1 auf den ersten Blick die Annahme von steigenden Wohnkosten bestätigt, zeigt Abbildung 2-2, dass der Wohnflächenkonsum pro Person seit 2005 um etwa das Doppelte angestiegen ist als der Mietkostenanteil am Haushaltseinkommen. Dieser Vergleich relativiert zumindest die Aussage der unverhältnismäßig hohen Wohnkostensteigerung. Abbildung 2-2 lässt durchaus die Interpretation zu, dass, bezogen auf die konsumierte Wohnfläche pro Person, das Wohnen statistisch günstiger geworden ist.

Ein weiterer Indikator für einen durchschnittlich moderaten Anstieg der Mietkosten ist der Vergleich, wieviel Arbeitszeit aufgewendet werden muss um sich eine Mietwohnung leisten zu können. Streissler⁵ erhob, dass im Jahre 1986 ein Industriearbeiter für eine 70m²-Wohnung der Kategorie A (Küche, Nfl $\geq 30\text{m}^2$, Bad, Warmwasseraufbereitung)⁶ über 37 Stunden arbeiten musste. Im Jahr 2015 waren es knapp 40 Stunden. Gemessen am Arbeitsstundenverdienst sind die Mieten über den angeführten Zeitraum relativ konstant geblieben. Zumal eine Mengenerhöhung bei den Kategorie A – Wohnungen als auch eine Mengenminderung bei den Kategorie C- und D-Wohnungen zu verzeichnen ist.⁷

Die oben angeführten Statistiken zeigen Ergebnisse, die einen Querschnitt der Gesamtbevölkerung Österreichs abbilden. Einkommensunterschiede verschiedener Gesellschaftsschichten wurden bis jetzt nicht dargestellt. Leistbarer Wohnraum ist aber vor allem bei Gesellschaftsschichten mit verhältnismäßig geringerem

⁵ Vgl. Streissler-Führer 2015, 28f.

⁶ Vgl. §15 MRG

⁷ Vgl. Amann/Lugger 2016, 31.

Einkommen ein essentielles Bedürfnis, welches immer mehr Menschen in eine prekäre finanzielle Situation bringt. Um die ökonomische Belastung einzelner Haushaltstypen darstellen zu können, werden Daten der EU-SILC-Erhebung angeführt (näheres zu dieser Erhebungsart in Kapitel 2.2).

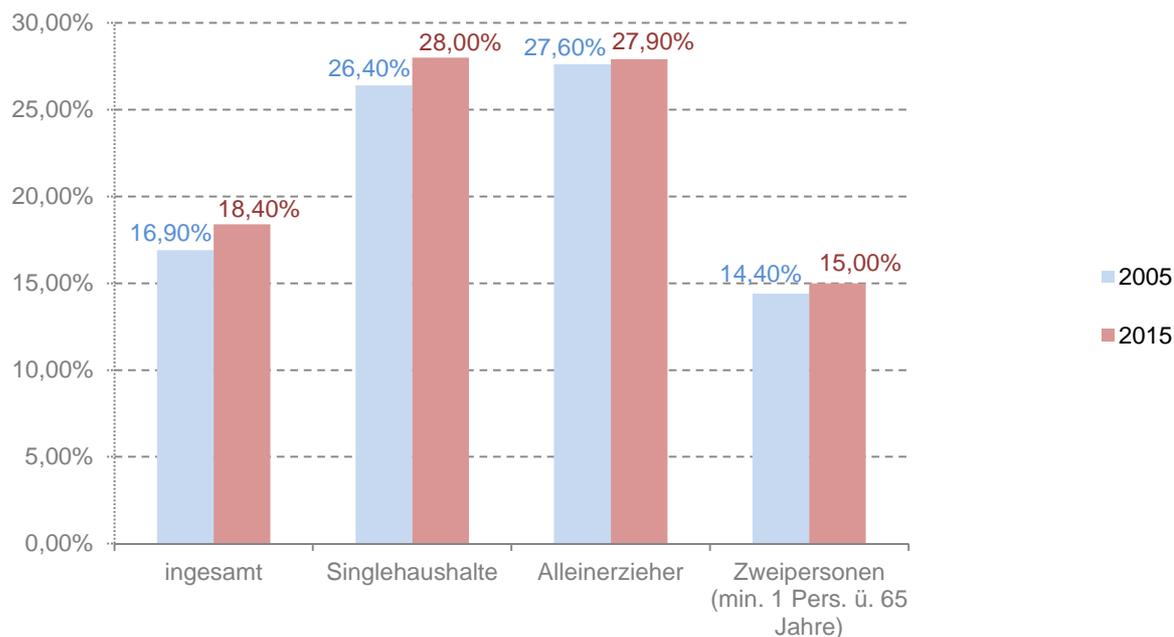


Abbildung 2-3 Wohnkostenanteil am Haushaltseinkommen in Österreich nach ausgewählten Haushaltstypen für die Jahre 2005 und 2015

Abbildung 2-3 bildet den Wohnkostenanteil am Haushaltseinkommen für ausgewählte österreichische Haushaltstypen ab. Bei der Zielgruppenanalyse weisen vor allem Haushalte von Alleinerziehern und Familien mit mehreren Kindern ein höheres Maß der Armutsgefährdung auf.⁸ Aufgrund der Besserstellung durch länger bestehende Mietverträge ist die Belastung von Pensionisten weniger hoch als jene von Jungfamilien, die eine neue Wohnung beziehen. Die Gegenüberstellung der Jahre 2005 und 2015 zeigt für alle analysierten Haushalte einen leichten Anstieg der Wohnkostenbelastung über den dargestellten Zeitraum.

Bei der Wohnungsverteilung in Sozialwohnungen zeigt sich eine vielschichtige Belegung der Wohnungen mit Haushalten aller

⁸ Czasny/Bständig/Hajek 2004, B-7 und C-26.

Einkommensschichten. Das ist auf eine ausreichende Anzahl an bestehenden – und daher günstigeren - Mietverträgen zurückzuführen. Des Weiteren zeigt dies ein moderates Gesamtniveau der heimischen Wohnkosten, die den unteren Einkommensschichten einen Zugang zu großen Teilen des Gesamtwohnungsbestandes ermöglicht.⁹

Die Belegung von Sozial- und freifinanzierten Mietwohnungen in einer möglichst großen Bandbreite an verschiedenen Gesellschaftsschichten ist ein Zeichen dafür, dass Phänomene wie Wohnsegregation oder Ghettoisierung in Österreich größtenteils noch nicht auftreten. Allerdings ist durch den Zuzug und der großen Nachfrage an Wohnungen in den Ballungszentren der Bedarf an geförderten Objekten ungebrochen hoch. Vor allem jüngere Personen mit niedrigerem Einkommen wandern vom ländlichen in den städtischen Raum. Da neu abgeschlossene Mietverträge tendenziell einen höheren Mietzins aufweisen, muss der hohen Nachfrage an leistbarem Wohnraum vor allem in den Ballungszentren unbedingt nachgekommen werden. Dem Ziel der Schaffung neuer und durchmischter Wohngegenden mit vielschichtigen sozialen Milieus sollte bei zukünftigen Stadtentwicklungskonzepten ein besonderes Maß an Aufmerksamkeit geboten werden. Neben der reinen Objektförderung kann dies durch einen moderaten Ausbau der Subjektförderung erreicht werden, die einkommensabhängige Unterstützungen einzelner Gesellschaftsschichten ermöglicht.

Trotzdem sollte der Fokus, wie schon bis jetzt, auf der Objektförderung liegen, da sie durch rückzahlende Förderdarlehen die Möglichkeit einer zeitversetzten Selbstfinanzierung bietet. Dieser Selbstfinanzierungsmechanismus stellt sich aber nur dann ein, wenn Rückzahlungen wieder im vollen Umfang zur Schaffung weiterer geförderter Objekte eingesetzt wird. Aus diesem Grund darf der Ausbau der Subjektförderung nicht zu Lasten der Objektförderung geschehen.¹⁰

⁹ Ebda., C-26-28.

¹⁰ Ebda., C-40.

2.2 Wohnkosten im europäischen Vergleich

Internationale Wohnkostenvergleiche sind mithilfe nationaler Verbraucherpreisindizes (VPI) nicht möglich. Um auf eine europaweit einheitliche Datengrundlage zurückgreifen zu können, werden jährliche Erhebungen der EU zu Einkommen und Lebensbedingungen durchgeführt. Diese EU-SILC (Statistics on Income and Living Conditions) genannten Erhebungen werden zwar ebenfalls von der Statistik Austria vorgenommen, sind aber von der Mikrozensusbefragung unabhängig. Die Erhebungen werden standardisiert nach EU-Vorgaben durchgeführt. Wesentlicher Unterschied der beiden Erhebungsmethoden ist, dass im Mikrozensus der Wohnungsaufwand zur Inflationsberechnung herangezogen wird. Im Unterschied dazu stehen bei der EU-SILC-Erhebung die Armutgefährdung von Haushalten und deren finanzielle Belastung im Fokus der Untersuchungen.¹¹ Aufgrund der unabhängigen Erhebungen von Mikrozensus und der EU-SILC können sich die Angaben zur Wohnkostenbelastung am Haushaltseinkommen zwischen den beiden Erhebungsarten unterscheiden.

Im europäischen Vergleich liegt Österreich beim Wohnkostenanteil am Haushaltseinkommen in der unteren Hälfte (siehe Abbildung 2-4).

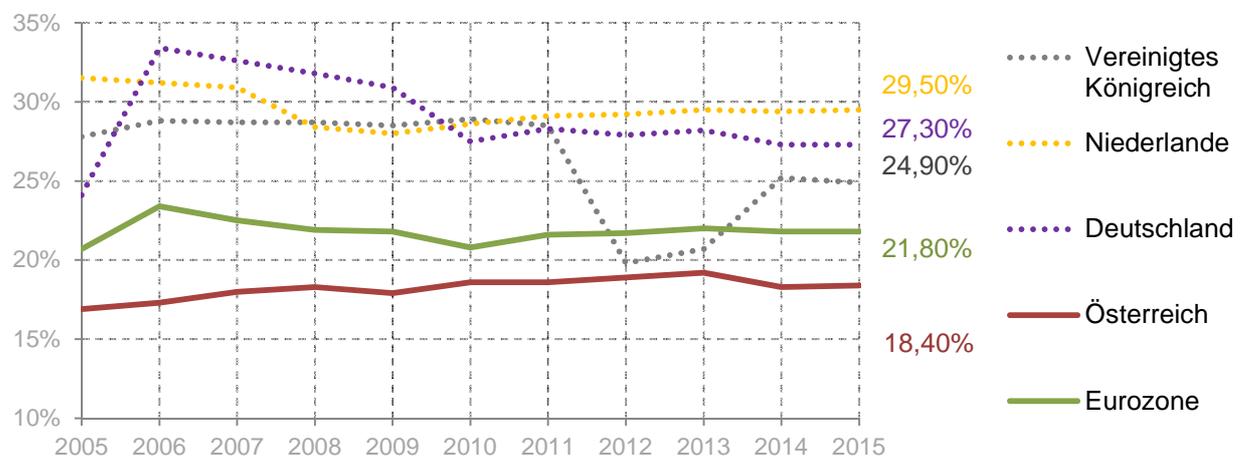


Abbildung 2-4 Anteil der Wohnkosten am verfügbaren Haushaltseinkommen im europäischen Vergleich

¹¹ Vgl. Amann/Mundt/Lugger 2010, 27-29.

Zum gleichen Ergebnis kommen Amann/Lugger, die die Belastung der Österreichischen Wohnungsausgaben im europäischen Vergleich als moderat beschreiben.¹²

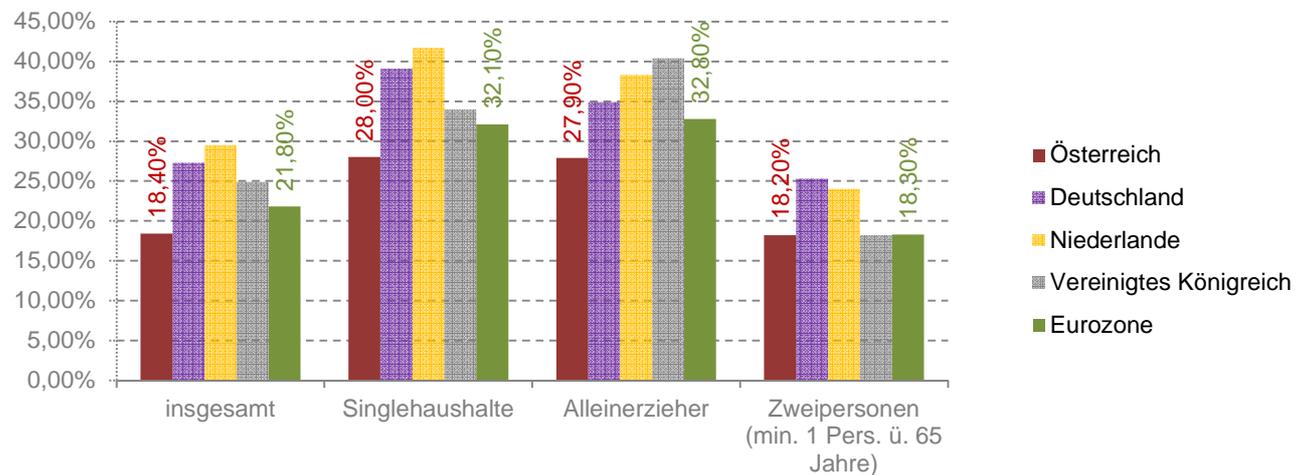


Abbildung 2-5 Wohnkosten am Haushaltseinkommen verschiedener Haushaltstypen im Ländervergleich für 2015

Eine Betrachtung der einkommensschwachen Haushalte in der EU zeigt, dass Österreich die Belastung ausgewählter Haushalte unter dem Durchschnitt in der Eurozone liegt (siehe Abbildung 2-5).

Die im internationalen Vergleich positiven Ergebnisse sollten aber nicht zu einer Reduktion weiterer führen. Vielmehr sind sie ein Auftrag für weitere politische Maßnahmen, die Stellung des österreichischen Wohnbauwesens in Europa weiter auszubauen und zu verbessern.

¹² Vgl. Amann/Lugger 2016, 40.

3 Grundlagen

Kosten sind ein elementarer Bestandteil der Entscheidungsgrundlagen, können aber nur in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Informationen abgeschätzt werden. Die im vorangegangenen Kapitel herangezogenen Datensätze der Statistik Austria dienen zur allgemeinen Darstellung der Kostenentwicklung auf volkswirtschaftlicher Ebene und eignen sich nicht zu einer vertieften Kostenanalyse konkreter Projekte im Bauwesen. Zur Bewertung der wesentlichen Kostenfaktoren bedarf es einer diskreteren Auflistung des Bauablaufes und dessen Kostenverteilung. Im Folgenden werden nach einer grundsätzlichen Erläuterung der Problemstellung und Grundsätze die im Bauwesen gängigsten Verfahren der Kostenermittlung vorgestellt.

3.1 Problemstellung der Kostenermittlung

Die Umsetzung eines Gebäudes lässt sich als Gesamtergebnis verschiedener Teilschritte beschreiben, welchen jeweils eine Kostenposition zugeordnet werden kann. Da jedes Bauwerk eine Einzelstückanfertigung ist, ist der ökonomische Aufwand dieser Teilschritte für jedes Projekt im Vorfeld neu zu bewerten. Abhängig vom Projektstand weisen die Bewertungen der Kostenpositionen potentielle Unschärfen auf. Je früher ein Projekt finanziell bewertet wird, desto ungenauer können Aussagen zum tatsächlichen finanziellen Aufwand getroffen werden und umgekehrt. Eine konkrete Feststellung der Kosten eines Bauwerkes mit 0% Abweichung kann de facto erst nach Fertigstellung eines Gebäudes erfolgen. Trotz dieser Problemstellung ist es bei jedem Projekt wichtig, die Kosten schon in einem möglichst frühen Stadium der Projektentwicklung größenordnungsmäßig abzuschätzen zu können.

Die Ermittlung der Kosten eines Bauprojektes erfordert eine analytische Vorgehensweise. Je nach Projekt- und Informationsstand werden verschiedene Methoden der Kostenermittlung angewendet.

3.2 Grundsätze der Kostenermittlung

Zu Projektbeginn ist die Informationstiefe in der Regel gering, weswegen die ersten Kostenschätzungen Unschärfen beinhalten, die zu berücksichtigen sind. Mit Fortdauer der Projektierung werden

offene Punkte präzisiert und die Ungenauigkeiten der vorhergehenden Projektstände ausgebessert. Diese Vorgehensweise vom Groben ins Feine wird „Top-Down“-Prinzip genannt.¹³

In der ersten Projektphase dienen erste Basisgrößen wie beispielsweise die Grundstücksfläche und Bebauungsdichte als Bewertungsparameter für die der zu erwartenden finanziellen Aufwendungen. Die daraus ermittelbare m²-Nutzflächenanzahl wird mit einem Kostenfaktor multipliziert, der auf Literatur- und Erfahrungswerten basiert. Die ÖNORM B 1801-1 benennt diese Vorgehensweise mit „Kostenermittlung der 1. Ebene“ (siehe dazu auch Erläuterungen zur ÖNORM B 1801-1 in Kapitel 3.3.1).¹⁴ Die Gegenüberstellung von zu erwartenden Gesamtkosten und der Ertragsmöglichkeit aufgrund der verwertbaren Wohnnutzfläche liefert schnelle Grobkostenschätzungen bei gleichzeitig geringem Arbeitsaufwand. Für die Kostenermittlung der 1. Ebene sind keinerlei Planunterlagen notwendig.

Um Bauprojekte zur Ausführungsreife bringen zu können bedarf es Pläne mit einer höheren Informationstiefe. Diese Pläne ermöglichen auch eine detaillierte Auflistung und Gliederung aller notwendigen Bauleistungen. Das Gebäude wird dabei in einzelne handwerklich umsetzbare Teilschritte gegliedert, die zum Bau des Projektes erforderlich sind. Die Gesamtkosten sind dabei ein Resultat aus der Kalkulation aller einzelner Teilschritte, die „Leistungspositionen“ genannt werden. Der Preis ergibt sich aus der Summe vieler einzelner Kalkulationen der Leistungspositionen, also vom Kleinen ins Große. Dieses Prinzip wird „Bottom-Up“ genannt.¹⁵

3.3 Planungsorientierte Kostenermittlung

Das planungsorientierte Kostenermittlungsverfahren teilt Bauteile wie Wände, Decken, Fundamente etc. in einzelne Elemente ein. So kann bereits im Vorentwurfsstadium trotz eines geringen technischen Informationsgehaltes eine erste grobe Kostenermittlung durchgeführt werden. Jedes Bauteil wird dabei als komplettes Element unabhängig der einzelnen Bauteilschichten massenermittelt und kostenmäßig bewertet. Diese Betrachtung entspricht der Kostenermittlung in der 2. Ebene nach ÖNORM B 1801-1.

¹³ Vgl. Meyer/Reher 2016, 25.

¹⁴ Vgl. ÖNORM B 1801-1 2015, 9.

¹⁵ Vgl. Meyer/Reher 2016, 25 und 187.

In der Entwurfsphase werden weitere ausführungs- und kostenrelevante Parameter definiert. Der zusätzliche Informationsgehalt ermöglicht eine genauere bauteilorientierte Kostenermittlung in ihren einzelnen konstruktiven und funktionalen Bestandteilen. Dabei werden die einzelnen Bauteile in ihre jeweiligen konstruktionsspezifischen Einzelteile zerlegt. Das Bauteil wird also als Gesamtsystem betrachtet, welches aus Teilsystemen (eventuell verschiedener Gewerke) besteht.¹⁶ Diese detaillierte Bauteilaufschlüsselung entspricht der 3. und tiefsten Ebene der planungsorientierten Kostenermittlung.

Die Grundlage der planungsorientierten Kostenermittlung bildet immer das Bauteil selbst, welches analog zur Fortdauer der Planung immer mehr Informationen beinhaltet. Die Kostermittlung erfolgt also vom Groben ins Feine mithilfe des „Top-Down“-Prinzips.

3.3.1 Normative Grundlage

Die ÖNORM B 1801 „Bauprojekt- und Objektmanagement – Teil 1: Objekterrichtung“ bietet mithilfe einer Gliederung in Kostengruppen Anhaltspunkte zu einer planungsorientierten Kostenermittlung. Die Gliederung erfolgt dabei nach einer Auflistung verschiedener planungsrelevanter „Teilschritte“, die im Zuge einer Kostenermittlung separat zu bewerten sind. Eine Übersicht der Kostengruppen ist in Tabelle 3-1 dargestellt.

¹⁶ Vgl. BKI Handbuch 2003, 97f.

Baugliederung	Abk.	Bauwerks- kosten BWK	Bau- kosten BAK	Errichtungs- kosten ERK	Gesamt- kosten GEK
0 Grund	GRD				
1 Aufschließung	AUF				
2 Bauwerk-Rohbau	BWR	100 %			
3 Bauwerk-Technik	BWT				
4 Bauwerk-Ausbau	BWA				
5 Einrichtung	EIR				
6 Außenanlagen	AAN				
7 Planungsleistungen	PLL				
8 Projektnebenleistungen	PNL				
9 Reserven	RES				

Tabelle 3-1 Gliederung der Kostengruppen nach ÖNORM B 1801-1:2015-12-01

Einzelne Kostengruppen können zusammengefasst und kategorisiert werden. So bilden beispielsweise die Kostengruppen 1 bis 9 die Kategorie der „Errichtungskosten“ eines Gebäudes, in denen die Kostengruppe 0 (Grund) nicht berücksichtigt werden. Dies ermöglicht einen Vergleich der Errichtungskosten verschiedener Bauprojekte ohne Verzerrung der Preise durch unterschiedliche Grundstückskosten, die hauptsächlich von der Lage bestimmt werden und nicht in unmittelbarer Verbindung zur bautechnischen Ausführung stehen. Der letztendlich zu zahlende Preis setzt sich aus den Gesamtkosten (Kostengruppen 0 bis 9), also Errichtungskosten inklusive Grundstückskosten, zusammen. Der in der Praxis häufig gebrauchte Begriff der „Herstellungskosten“ wird – zumindest in dieser ÖNORM – nicht definiert und stellt eher eine allgemein betriebswirtschaftliche Begriffsdefinition dar.

In Abhängigkeit der Informationstiefe erfolgt die Kostenermittlung in 3 Ebenen. In der 1. Ebene wird mithilfe projektbezogener Basisgrößen ein „Kostenrahmen“ ermittelt. Die „Kostenschätzung“ in der 2. Ebene erfolgt bereits auf Basis eines Vorentwurfes mithilfe einer groben Gliederung der Bauelemente. Nach Abschluss der Entwurfsphase kann eine „Kostenberechnung“ mithilfe von Elementtypen oder einer in der Norm angeführten Leistungsbeschreibung durchgeführt werden. Die Leistungsbeschreibung der ÖNORM lehnt sich dabei an die LB-H des BMFWF an (siehe Kapitel 3.4).¹⁷ Im Zuge der

¹⁷ ÖNORM B 1801-1:2015-12-01, 29-32.

Ausführungsplanung erfolgt auf die 3. Ebene aufbauend der „Kostenanschlag“.¹⁸

Für Deutschland bietet die DIN 276 ein vergleichbares normatives Arbeitsinstrument mit einer ähnlichen Gliederung und Vorgehensweise. Das Baukosteninformationszentrum Deutscher Architekten (BKI) gibt eine jährlich aktualisierte Auflage zu den Baukosten heraus, die auf die Kostengliederung der DIN 276 aufbaut (siehe dazu auch Kapitel 4.1). Da für Österreich ähnlich vollumfängliche und öffentlich zugängliche Daten zur Kostenermittlung fehlen, ist aus diesem Grund die DIN 276 auch für den österreichischen Raum von entscheidender Bedeutung.

ÖNORM B 1801-1 2015		DIN 276-1 2008		SN 506 511 2012		Integraler Code	Übereinstimmung				
0	Grund	100	Grundstück	A	Grundstück	100					
1	Aufschließung	200	Herrichten+Erschließen	B	Vorbereitung	200					
2	Bauwerk-Rohbau	300	Bauwerk - Baukonstruktionen	C	Konstruktion Gebäude	300.C	Bauwerkskosten	Baukosten	Errichtungskosten	Gesamtkosten	
				E	Äussere Wandbekleidung Gebäude	300.E					
				F	Bedachung Gebäude	300.F					
4	Bauwerk-Ausbau			G	Ausbau Gebäude	300.G					
3	Bauwerk-Technik	400	Bauwerk - Technische Anlagen	D	Technik Gebäude	400					
5	Einrichtung	600	Ausstattung und Kunstwerke	H	Nutzungsspezifische Anlage Gebäude	600					
				I	Ausstattung Gebäude						
6	Außenanlagen	500	Außenanlagen	J	Umgebung Gebäude	500					
7	Planungsleistungen	700	Baunebenkosten	V	Planungskosten	700					
8	Projektnebenleistungen			W	Nebenkosten						
9	Reserven			Y	Reserve, Teuerung	800					
				Z	Mehrwertsteuer	900					

Tabelle 3-2 Gegenüberstellung der ÖNORM B 1801-1 und der DIN 276 in ihrer Gliederung der Kostengruppierung

In Tabelle 3-2 werden die Gliederung der Kostengruppen der einzelnen Normen Ö-Norm B 1801-1, DIN 276 und der Schweizer Norm SN 506 511 gegenübergestellt.

¹⁸ Die Beschreibungen „Kostenrahmen“, „Kostenschätzung“, „Kostenberechnung“ und „Kostenanschlag“ bilden dabei genormte Begriffe mit unterschiedlichem Informationsinhalt, die in der Baupraxis oftmals verwechselt werden. Zur genauen Begriffsdefinition wird auf die ÖNORM B1801-1:2015-12-01 auf der Seite 9 verwiesen.

3.3.2 Aufschlüsselung der Kostenpositionen nach Bauteilen

Eine bauteilbezogene Aufschlüsselung der Kosten erfolgt entweder in 2. oder 3. Ebene der planungsorientierten Kostenermittlung.

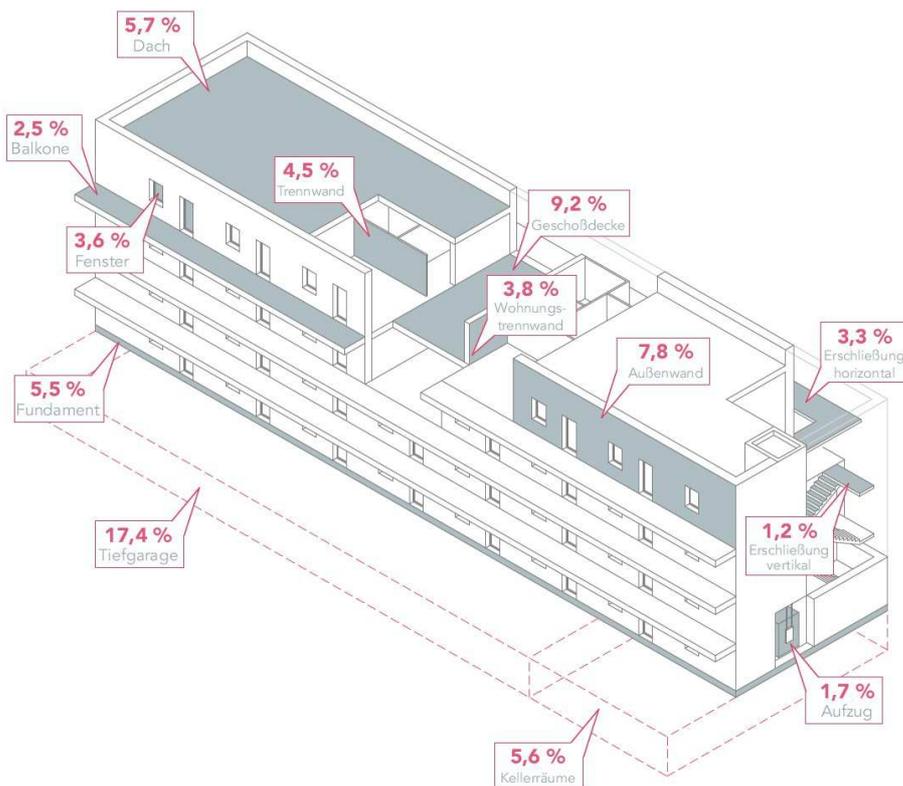


Abbildung 3-1 Baukostenanteile einzelner Bauteile für Mischbauweise in Passivhausstandard

Abbildung 3-1 zeigt den Baukostenanteil einzelner Bauteile in Mischbauweise für den Passivhausstandard nach Paulitsch.¹⁹ Die Preisangaben und Bauteilgliederungen können sich zu anderen Literaturquellen wie beispielsweise dem BKI unterscheiden.

3.4 Ausführungsorientierte Kostenermittlung

Die ausführungsorientierte Kostenermittlung wird auf Basis des baubetrieblichen Fertigungsprozesses auf der Baustelle durchgeführt.

¹⁹ Paulitsch 2017, 251.

Diese Art der Kostenermittlung erfordert eine gewerkmäßige Aufschlüsselung der zu erbringenden Leistungen mithilfe sogenannter Leistungspositionen, welche die Grundlage für die Kalkulation bilden. Die Preisbildung erfolgt durch die Summe der einzelnen Kostenbewertungen einer jeden Leistungsposition nach dem „Bottom-Up“-Prinzip vom Kleinen ins Große (siehe dazu auch Kapitel 3.2). Es ist selbsterklärend, dass der Arbeitsaufwand durch die Summe der Einzelbewertungen gegenüber einer planungsorientierten Kostenermittlung um einiges höher ist. Daher wird diese Methode der Kostenermittlung bevorzugt bei fortgeschrittenen Projektstadien ab der Einreichplanung bei kleineren Projekten und der Ausführungsplanung bei größeren Projekten eingesetzt.

Mit Ausnahme von öffentlichen Bauprojekten unterliegen ausführungsorientierte Kostenermittlungen grundsätzlich keinem Formzwang. In der Praxis finden aber meistens die Standardisierten Leistungsbeschreibungen des österreichischen Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (BMFWF) Anwendung. Speziell für den Hochbau wurde die „Leistungsbeschreibung-Hochbau“ (LB-H) entwickelt, die eine umfassende Sammlung an Positionen und Texten zur Beschreibung der Leistung einzelner Bauprojekte bietet. Trotzdem kann es zum Erreichen eines Projektzieles erforderlich sein, teilweise nicht standardisierte, also für das Projekt speziell zu beschreibende Leistungen zu definieren.

Die grundsätzliche Formfreiheit für ausführungsorientierte Kostenermittlungen ermöglicht eine Vielzahl an Varianten, Kosten für Bauleistungen zu ermitteln und darzustellen. Öffentliche Auftraggeber hingegen sind nach dem Bundesvergabegesetz (BVerG) verpflichtet, bei konstruktiven Ausschreibungen Bauleistungen die Standardisierten Leistungsbeschreibungen des BMFWF zu verwenden.²⁰ Für nicht-öffentliche Auftraggeber gilt diese Verpflichtung nicht.

3.4.1 Normative Grundlagen

Die vertragliche Anwendung und praktische Umsetzung von Standardisierten Leistungsbeschreibungen findet im Bereich eines weitgefassten rechtlichen und normativen Rahmens statt. Im Allgemeinen bilden die ÖNORM A 2050, B 2110 und die

²⁰ Vgl. BVerG, §§ 3 (1) und 97 (2).

Werkvertragsnormen B 22xx die wesentlichsten ergänzenden Regelwerke zur LB-H.

3.4.2 Aufschlüsselung von Kostenpositionen nach Gewerk

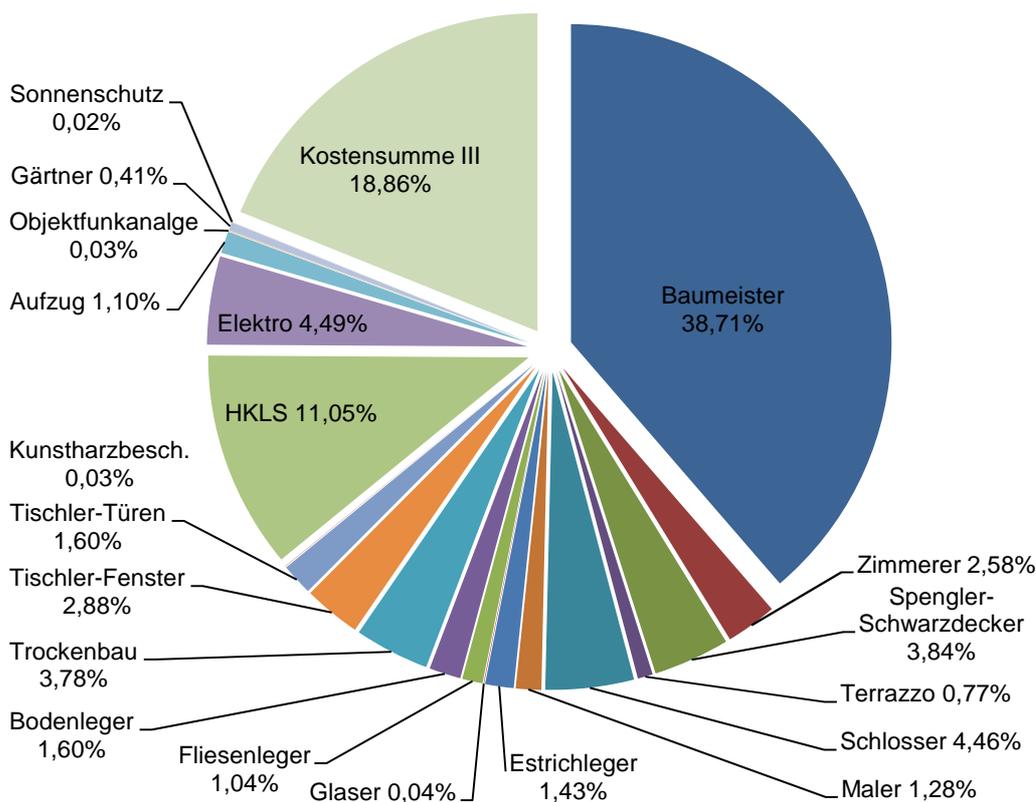


Abbildung 3-2 Durchschnittliche Gewerkkosten in % der Gesamtbaukosten

Die in Abbildung 3-2 aufgeschlüsselten Gewerkkosten beziehen sich auf Endabrechnungen im Jahr 2013 der Neuen Heimat Tirol (NHT) und bilden einen Durchschnitt aller im Jahre 2013 endabgerechneten Projekte.²¹ Bei Preisvergleichen zu anderen Quellen sind der Faktor der möglichen regionalen Unterschiede zwischen Tirol und anderen Bundesländern bei der Preisbildung, und der Faktor der zeitlichen Durchführung der Aufstellung aus dem Jahre 2013 zu

²¹ Vgl. Leiter o.J., 74.

berücksichtigen. Trotzdem bietet diese Abbildung eine überblicksmäßige Darstellung der Kostenverteilungen im Wohnbau. Unter die Kostensumme III fallen die Baunebenkosten.²² Die Gliederung der Gewerke erfolgte dabei weder mithilfe der LB-H oder der ÖNORM B 1801, sondern nach einer eigenen Zusammenfassung. Zwar wird in der zitierten Studie von „Gesamtbaukosten“ gesprochen. Anhand der grafischen Darstellung ist aber davon auszugehen, dass hier die Errichtungskosten (ohne Grundanteil) gemeint sind.

3.5 Der Begriff der ABC-Analyse

Eine ABC-Analyse gliedert die Positionen entsprechend ihres Einflussfaktors auf die Gesamtkosten. Als A-Positionen werden alle Kostenpositionen mit großem Einflussfaktor kategorisiert, C-Positionen entsprechen Kostenpositionen mit einem geringen Einflussfaktor. Abbildung 3-3 zeigt beispielsweise mithilfe eine ABC-Analyse die durchschnittlich teuersten 5 Gewerke auf Basis der in Abbildung 3-2 angeführten gewerkmäßigen Aufschlüsselung. Diese Kategorisierung ermöglicht eine flexiblere Steuerung der wesentlichen Kostenfaktoren bei gleichzeitig minimiertem Kalkulationsaufwand. A-Positionen können somit einer detaillierteren Betrachtung unterzogen werden. Kosten der Kostengruppe III, die Baunebenkosten enthalten, können nicht direkt einem Gewerk zugeordnet werden, weswegen diese in der ABC-Analyse keine weitere Berücksichtigung finden. Eine allgemein gültige Definition von A-Positionen gibt es nicht und erfolgt dabei nach eigenem Ermessen.

²² Ebda., 80.

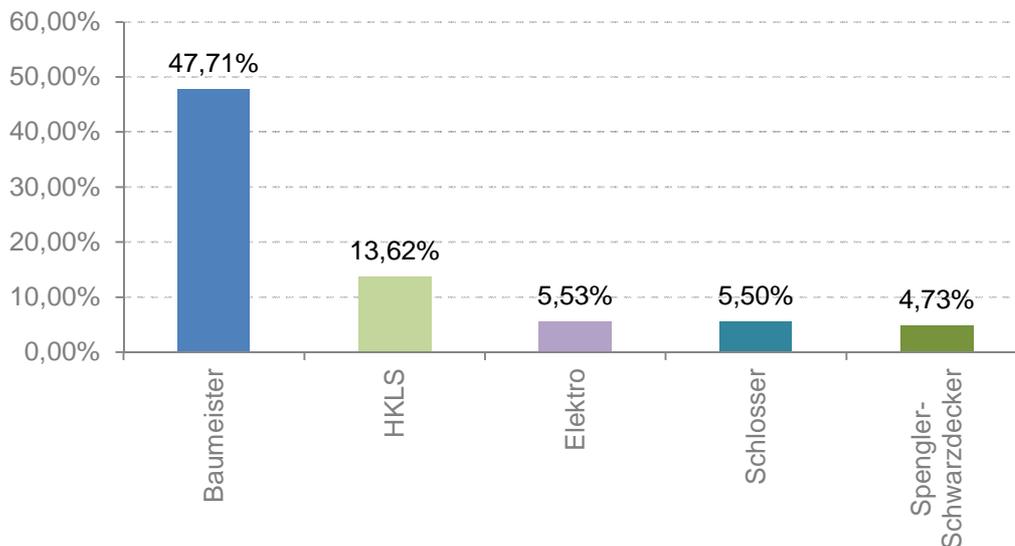


Abbildung 3-3 Die durchschnittlich 5 teuersten Gewerke ohne Kostengruppe III

Im Diskurs zum leistbaren Wohnbau werden viele Argumente vorgetragen die versuchen, den Anstieg der Wohnkosten zu begründen. Die nach Gewerken aufgeschlüsselten Kostenanalysen dienen dabei als Hilfestellung der Plausibilisierung von Argumenten. Einen dieser Diskussionspunkte liefert der vermehrte Einsatz von außenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen.²³ Abbildung 3-2 zeigt aber den minimalen Einfluss des Sonnenschutzes auf die Errichtungskosten. Auch die höheren Wartungskosten werden des Öfteren für erhöhte Mietkosten angeführt.²⁴

Im Kontext von ausführungorientierten Kostenermittlungen erfolgt die Anwendung der ABC-Analyse in abgewandelter Form. Um den Arbeitsaufwand im Zuge einer Kalkulation zu minimieren, werden in diesem Fall mithilfe einer ABC-Analyse Positionen gefiltert, die 80 bis 90% des Gesamtpreises ausmachen, aber lediglich 20% der beschriebenen Positionen umfassen.²⁵ Die Kosten dieser A-Positionen werden in Menge und Ausführungsart so genau wie möglich bestimmt und projektbezogen kalkuliert. Alle weiteren Positionen werden mit Erfahrungswerten vorangegangener Projekte kalkuliert.

²³ Vgl. Bauer 2013, 41.

²⁴ Vgl. Amann/Mundt/Lugger 2010, 57.

²⁵ Vgl. BKI Handbuch 2003, 100.

3.6 Datengrundlagen zur Kostenermittlung

Die planungsorientierte Kostenermittlung erfolgt mittels zweier verschiedener Vorgehensweisen, die im Folgenden vorgestellt werden.

3.6.1 Kostenermittlung anhand tatsächlich abgeschlossener Projekte

Eine Möglichkeit der Kostenermittlung bietet die Bewertung eines Projektes anhand selbst zusammengestellter Projektportfolios. Liegen tatsächlichen Kosten von Projekten nach Fertigstellung vor, dienen diese als Anhaltspunkt für neue Projektbewertungen, sind aber anhand neuer oder veränderter Rahmenbedingungen des nächsten Projektes anzupassen. So können vorhergehende Projekte mit ähnlichen Rahmenbedingungen zu Projektportfolios zusammengefasst und analysiert werden. Je größer der Pool an analysierten Projekten mit ähnlichen Rahmenbedingungen ist, desto eher können Unschärfen in der Kostenbewertung erfasst und ausgebessert werden. Da sich Rahmenbedingungen bestenfalls ähneln aber niemals gleichen, weisen solche Portfolios naturgemäß eine gewisse Streuung auf. Die Streuung ist umso kleiner, je mehr sich die bewerteten Projekte im Portfolio ähneln. Unter der unabdingbaren Voraussetzung, dass das neu zu bewertende Projekt den Randbedingungen des Projektportfolios weitestgehend entspricht, können diese Kostenabschätzungen mit geringen Abweichungen zum tatsächlichen Kostenaufwand liefern. Wird ein Projekt jedoch durch falsches Einschätzen der Rahmenbedingung anhand eines nicht passenden Projektportfolios bewertet, können die tatsächlich auftretenden Kosten nach Fertigstellung stark von den Grobkostenschätzungen zu Projektbeginn abweichen. Eine Definition der projektbezogenen Rahmenbedingungen erfolgt in frühen Projektentwicklungsstadien zu aller erst qualitativ. Solche Rahmenbedingungen können beispielsweise sein:

- Hanggrundstück versus flache Wiese
- Städtische versus ländliche Lage
- Aufgeschlossener versus unaufgeschlossener Baugrund
- Baugrundbeschaffenheit
- Neubau versus Sanierung
- Ausweisung in der Flächenwidmungsplanung
 - o Hohe oder niedriger Bebauungsdichte
 - o Sanierungsgebiet
 - o Gefahrenzonenbereich
- Etc.

Die Neubewertung der einzelnen Rahmenbedingungen verschiedener Projekte geschieht meist aus der Erfahrung heraus. Zur eigenen Erstellung solcher Projektportfolios bedarf es einer großen Anzahl bereits selbst abgewickelter Projekte. Das Zusammenfassen und Aktualisieren solcher Projektportfolios bedeutet einen immensen Zeitaufwand. Des Weiteren beinhalten sie ein großes Repertoire an Erfahrungswerten, weswegen solche Projektportfolios in den seltensten Fällen veröffentlicht werden.

Allgemein zugängliche Daten zur Kostenermittlung stellt die Datenbank des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern (BKI) zur Verfügung, die auf die Gliederungsstruktur der DIN 276 aufbauend Daten zu tatsächlich abgerechneten Projekten bietet. Die Kostenwerte stehen in den 3 bekannten Ebenen zur Verfügung. Die 1. Ebene bietet die Möglichkeit anhand globaler Projektparameter (BGF, BRI, etc.) erste Kostenschätzungen durchzuführen. Mit zunehmendem Informationsgehalt wird in der 2. Ebene mithilfe von Bauteilen und in 3. Ebene mithilfe von Positionen weiterführende vertiefende Kostenermittlungen vorgenommen. Nähere Erläuterungen zum BKI werden im Kapitel 4.1 angeführt.

Aus statistischer Sicht problematisch bei der Datenverwendung des BKI ist, dass die Objekte von den Planern selbst in die jeweilige Kategorie eingestuft werden. Obwohl der BKI eine Hilfestellung zur Einordnung bietet ist eine objektive Bewertung aller Projekte aus diesem Sachverhalt heraus nicht gegeben. Das BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) stellt dazu fest, „dass die Datengrundlage [des BKI] nur eingeschränkt nutzbar ist, um verlässlich über die Entwicklung der Baukosten in den letzten Jahren Auskunft zu geben.“²⁶ Trotz dieses vorhandenen statistischen Fehlerpotentials bietet der BKI aus Sicht des Autors der vorliegenden Arbeit eine in der Praxis erprobte und hinreichend akkurate Hilfestellung zur Ermittlung der Kosten.

3.6.2 Kostenermittlung anhand von Typengebäude

Um die Unsicherheit der sich immer wieder ändernden Rahmenbedingungen verschiedener Projekte bei der Kostenermittlung auszugleichen, können Kostenbewertungen auch

²⁶ BMUB 2015, 34.

mithilfe sogenannter „Typengebäude“ durchgeführt werden. Die Typengebäude sind dabei fiktive, also nicht tatsächlich gebaute und umgesetzte Projekte. In diesem Verfahren werden die ebenso preisentscheidenden Rahmenbedingungen, wie sie im Kapitel 3.6.1 beispielhaft angeführt sind, vereinheitlicht. Somit lassen sich Kostenunterschiede verschiedener Ausstattungsvarianten und Energieeffizienzklassen vergleichen und Baukosten für verschiedene Szenarien ermitteln.

Eines dieser Typengebäude wurde von der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Wohnen in Kiel konzipiert. Auf Grundlage von statistischen Erhebungen und Marktbeobachtungen definierte man Rahmenbedingungen,²⁷ anhand derer das Gebäude eigenständig geplant wurde.²⁸ Die Ergebnisse „beruhen somit auf praxisbezogene Kostenanalysen von fertiggestellten Projekten und abgerechneten Neubauvorhaben in Bezugnahme auf die einheitliche Bewertungsbasis des definierten Typengebäudes.“²⁹ Die Ergebnisse der ARGE werden in den Kapiteln 4.2.5.1 und 4.3.4 themenbezogen analysiert und detailliert besprochen.

Um die Aussagen über einzelne Projektparameter zu erhalten, ist diese Methode sehr hilfreich. Wie aber in Kapitel 2.2 bereits erläutert, bilden Statistiken immer einen Gesamtquerschnitt der betrachteten Datengrundlage dar. Veränderungen von Einzelmaßnahmen – beispielsweise die Wahl von Dämmstoffen – sind immer auf den Einzelfall zu überprüfen. Ebenso weist Walberg u.a. darauf hin, dass zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Projekten nur auf konkreter Projektebene möglich ist. „Pauschale Aussagen zur Wirtschaftlichkeit lassen sich kaum verlässlich treffen“.³⁰

²⁷ Vgl. Walberg u.a. 2014, 11.

²⁸ Vgl. Neitzel 2017, 31f.

²⁹ Walberg u.a. 2015, 64.

³⁰ Ebda., 16.

4 Bewertung der Investitionskosten für gestiegene gesetzliche und technische Anforderungen an Wärme- und Schallschutz

Die Erläuterungen in Kapitel 3 zeigen, dass explizite Kostenbewertungen zu gesetzlich gestiegenen Anforderungen und damit verbunden eventuelle Preisanstiege für jedes einzelne Projekt nur tendenziell erfolgen können. Jedes Projekt unterliegt seinen eigenen Rahmenbedingungen und kann innerhalb derer ökonomisch betrachtet positiv oder negativ abgeschlossen werden. Konkrete Zahlenwerte mit Allgemeingültigkeit lassen sich daher nicht benennen. Überhaupt ist es schwierig Datenanalysen anhand tatsächlich abgerechneter Projekte durchführen zu können. Die in Eigenarbeit von Investoren und Bauträgern zusammengestellten Projektportfolios beinhalten betriebseigenes Grundwissen, und stellen somit eventuelle Wettbewerbsvorteile gegenüber Mitbewerbern dar. Publierte Zahlen wie in Kapitel 3.4.2 bilden daher eine seltene Ausnahme. Um dennoch Kostenentwicklungen auf Basis tatsächlich abgerechneter Projekte zu analysieren, werden zuerst mithilfe des BKI allgemeine Betrachtungen der Kostenermittlung durchgeführt.

Es ist nicht Ziel dieser Arbeit, eine Beziehung zwischen erhöhten gesetzlichen und technischen Anforderungen auf der einen Seite und dem Anstieg von Baukosten auf der anderen Seite aufzuzeigen. Ein höherer Aufwand – in welcher Form auch immer - hat immer einen erhöhten Kostenaufwand zur Folge.³¹ Vielmehr erarbeitet das folgende Kapitel das Kosten/Nutzen-Verhältnis höherer Ausführungsstandards. Die Fragestellung inkludiert dabei Synergieeffekte von finanziellen Mehraufwendungen, die in aller Regel erst nach der Bauphase auftreten. Daher wird der Betrachtungszeitraum über die Errichtungsphase hinausgehend erweitert, und die Fragestellung in einen gesamtgesellschaftlichen Kontext gestellt.

Trotz der Schwierigkeit, kostentechnische Mehraufwendungen in den Teilgebieten Wärmeschutz und Schallschutz quantitativ zu bewerten, wird in diesem Kapitel eine eben solche durchgeführt. Dazu werden im Folgenden Ergebnisse verschiedener Studien zu den jeweiligen bautechnischen Teilgebieten vorgestellt, analysiert und interpretiert.

³¹ Zur gleichen Feststellung kommt auch das deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Vgl. BMUB 2015, 79.

Da die Dichte an zur Verfügung stehenden Daten sehr gering ist, befinden sich fallweise auch Beispiele aus Deutschland unter den angeführten Studien.

Die nachfolgenden Unterkapitel für Wärme- und Schallschutz gliedert sich in ähnlicher Weise. Den Kostenanalysen werden Beschreibungen zu grundsätzlichen technischen und rechtlichen Zusammenhängen vorangestellt. Diese ersetzen nicht die notwendige Auseinandersetzung mit einschlägiger Fachliteratur um die komplexen Zusammenhänge vollumfänglich verstehen zu können. Trotzdem ist der Autor dieser Arbeit der Überzeugung, dass ein grundlegend technisches sowie rechtliches Verständnis die Basis einer jeden Diskussion über Kosteneffizienz bilden sollte, da sie die wesentlichsten Rahmenbedingungen in der Bauausführung bilden. Daher wird in diesen technischen Beschreibungen der Versuch unternommen übergeordnete Zusammenhänge nachvollziehbar darzustellen.

4.1 Allgemeine Kostenbetrachtung anhand des BKI

4.1.1 Baupreisentwicklung

Wie in Kapitel 3.6.1 bereits erwähnt, bildet der BKI eine Grundlage zur Kostenermittlung auf Datenbasis tatsächlich abgerechneter Projekte. Die aktuellen Regelwerke des baulichen Wärmeschutzes stellen nicht mehr nur Anforderungen an die Dämmdicke, sondern bewerten auch die Haustechnik eines Gebäudes. Daher werden vor allem die Preissteigerungen in den dazugehörigen Kostengruppen 300 (Bauwerk - Baukonstruktionen) und 400 (Bauwerk - Technische Anlagen) genauer analysiert. Das BKI bietet die Möglichkeit, Kosten entsprechend des jeweiligen Projektstandes entweder bauwerksbezogen, bauteilorientiert oder auf der Ebene einer Leistungsbeschreibung mit Positionen zu ermitteln. Die Projektgliederung erfolgt kategorisch Art des Bauvorhabens (Neubau, Altbau, Wohngebäude etc.) und Qualitätsstandard (einfach, mittel, hoch). Für die einzelnen Gebäudekategorien geben die Kostenkennwerte in etwa das bundesdeutsche Kostenniveau wieder.³² Die Kostenkennwerte sind dabei inklusive Mehrwertsteuer angegeben (für Deutschland liegt der Mehrwertsteuersatz aktuell bei

³² Vgl. BKI 2015, 8.

19%).³³ Projektbewertungen mithilfe des BKI für Österreich müssen daher mit einem vom BKI eigens für Österreich ausgewiesenen Regionalfaktor berücksichtigt werden.

Für Österreich bildet auf normativer Ebene die ÖNORM B 1801 – Bau – und Projektmanagement einen vergleichbaren Anhaltspunkt. Da als Datengrundlage ein vergleichbares Werkzeug, wie es der BKI für Deutschland widerspiegelt, im österreichischen Raum fehlt, müssen allgemeine Preisentwicklungen in Deutschland als Vergleichsmaßstab zum Kostenanstieg des BKI herangezogen werden.

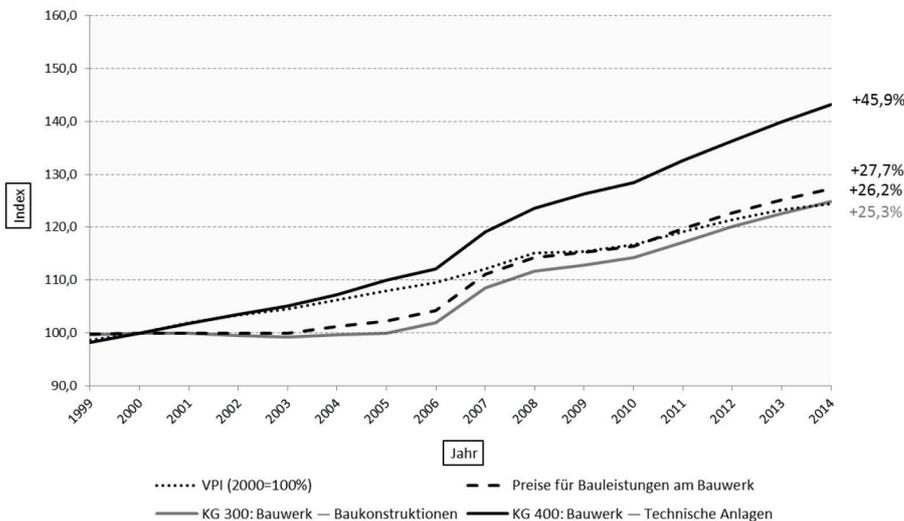


Abbildung 4-1 Anstieg der Rohbauarbeiten (KG 300) und Ausbuarbeiten (KG 400) des BKI im Vergleich zum deutschen VPI

Die Preisentwicklung von Bauleistungen steht in Verbindung mit den Lohn- und Materialkosten. Für Bauleistungen mit erhöhtem Metalleinsatz sind überdurchschnittliche Baupreissteigerungen zu beobachten. Vor allem bei Metallpreisen gab es am Rohstoffmarkt einen starken Preissprung von 25% zwischen 2005 und 2008. Im gleichen Zeitraum stiegen die Preise für Heizkörper um 14% und für Kupferrohrleitungen um 26%. Danach sank der Metallpreis wieder um 19% bis 2009. Allerdings schlug sich die Preisminderung infolge der Rohstoffpreisentwicklung nicht bis zu den Bauherren durch. Die Preise für Heizkörper und Kupferrohrleitungen stiegen nach 2008 weiter an. Den Kostenvorteil geringerer Metallpreise behielten die

³³ Ebda., 66.

ausführenden Firmen für sich.³⁴ Analysiert man die Preisentwicklung für die Kategorie „Mittlerer Standard“ in den Kostengruppen 300 und 400, so gibt es deutliche Spannen in den Baukosten eines Jahres.³⁵

Es ist darauf hinzuweisen, dass der in Abbildung 4-1 angegebene Wert für den VPI nur für Deutschland gilt und ein direkter Vergleich mit dem VPI für Österreich nicht möglich ist. Jeder Warenkorb enthält verschiedene Bestandteile und Gewichtungen einzelner Positionen zur Indexberechnung. Als Grundlage zu vergleichbaren Messungen der allgemeinen Teuerungsrate innerhalb der EU müsste der Harmonisierte Verbraucherpreisindex (HVPI) beider Länder herangezogen werden.³⁶

4.1.2 Kostenverteilung auf Kostengruppen

Die Kostenverteilung auf die einzelnen Kostengruppen ist von der konkreten Bauaufgabe (Wohnbau, Büro, Schule, Verwaltung, etc.) und dem Raumprogramm abhängig. In Tabelle 4-1 ist die Kostenverteilung für Mehrfamilienhäuser von 6 bis 19 Wohneinheiten nach dem BKI 2015 aufgeschlüsselt dargestellt.

KG	Kostengruppe der 1. Ebene	% an 300+400		
		Von	Mittel	Bis
100	Grundstück	-	-	-
200	Herrichten und Erschließen	0,8	2,0	4,4
300	Bauwerk-Baukonstruktion	76,6	80,8	84,4
400	Bauwerk-Technische Anlagen	15,6	19,2	23,3
	Bauwerk (300+400)	-	100	-
500	Außenanlagen	1,8	4,2	8,3
600	Ausstattung und Kunstwerke	0,3	0,3	0,4
700	Baunebenkosten	-	-	-

Tabelle 4-1 Kostenverteilung für Mehrfamilienhäuser (6-19 WE) nach BKI 2015

Tabelle 4-1 zeigt dabei die prozentuale Kostenverteilung bezogen auf die KG 300 und 400. Darauf aufbauend zeigt Tabelle 4-2 die auf die

³⁴ BMUB 2015, 20f.

³⁵ Ebda., 31.

³⁶ Amann/Mundt/Lugger 2010, 22.

Errichtungskosten (KG 200-700) umgerechneten Anteile der einzelnen Kostengruppen. Um den Anteil der Baunebenkosten (KG 700) an den Errichtungskosten abschätzen zu können, werden die Daten der NHT in Abbildung 3-2 auf der Seite 17 herangezogen. Demzufolge wird der prozentuale Wert der Baunebenkosten mit 18,86% bewertet.

KG	Wert auf KG 300-400 bezogen	Wert auf KG 200-600 bezogen	Wert auf Errichtungskosten KG 200-700 bezogen
200	2,0	1,52	1,52
300	80,8	75,87	61,56
400	19,2	18,03	14,53
300+400	100	93,9	76,09
500	4,2	3,94	3,2
600	0,3	0,28	0,23
Zw.Summe	106,5	100	81,14
700			18,86
Summe			100

Tabelle 4-2 Anteil der KG 300 und 400 an den Errichtungskosten

Unter Mitberücksichtigung der Baunebenkosten ergibt sich für die reinen Bauwerkskosten ein Anteil von ca. 3/4 an den Errichtungskosten. Der Anteil der Baunebenkosten kann dabei geringfügig streuen. Die Datengrundlage der NHT aus dem Jahre 2013 ist aber als valide zu bewerten. Die Gewichtung der reinen Bauwerkskosten an den Gesamtbaukosten vermindert sich weiter in Abhängigkeit der Grundstückskosten (KG 100).

4.2 Baulicher Wärmeschutz

Laut Angaben der EU fallen 40% des Gesamtenergieverbrauchs in der EU auf den Gebäudesektor.³⁷ Betrachtet man den Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2015, so beansprucht alleine die Erzeugung von Raumwärme ca. 27% des gesamten Endenergieverbrauches.³⁸ Weitere in Gebäuden stattfindende energetische Prozesse wie beispielsweise Kühlung oder Warmwasseraufbereitung sind dabei noch nicht eingerechnet. Nach dem Anteil für mechanische Energie von 39% (hauptsächlich durch Verkehr), ist die Raumwärme somit der zweitgrößte Anteil am Gesamtenergieverbrauch. Beim Energieverbrauch von Haushalten verbucht die Raumwärme gut 2/3 der Energieleistungen für sich.³⁹ Daraus erklärt sich das politische Ziel, in energiepolitischen Fragen auch solche des baulichen Wärmeschutzes einfließen zu lassen. Im Zuge der immer restriktiveren Energieeinsparverordnungen in Europa wurden in den letzten Jahren mehrere Studien mit teils widersprüchlichen Aussagen zum Thema Energieeffizienz veröffentlicht. Diese Widersprüche erklären sich zum einen aus den verschiedenen Fragestellungen und deren methodischen Ansätzen,⁴⁰ aber auch aus unterschiedlichen Interpretationen und Schlussfolgerungen. Diese Diskrepanzen erschweren einen direkten Vergleich einzelner Studien miteinander. Zum Thema Wärmeschutz liegen mehr veröffentlichte Studien vor als für den Schallschutz. Zum einen deshalb, weil das Thema der Energieressourcen mit ihrem Ökologiebezug mittlerweile eine breite gesellschaftliche und politische Diskussionsplattform vorfindet. Zum anderen ist es möglich, mit Amortisationsrechnungen direkte ökonomische Einsparungen verschiedener energetischer Standards darzustellen, was eine leichter nachvollziehbare Argumentation für oder gegen eine Ausführungsvariante ermöglicht.

Das Thema der Energieeffizienz gliedert sich dabei in zwei Teilfelder, mit derer Ziele des baulichen Wärmeschutzes erreicht werden können. Neben der allgemeinbekannten Optimierung thermischer Hüllen durch Dämmmaßnahmen bildet vor allem die Haustechnik eines Gebäudes eine wesentliche Stellschraube zur energieoptimierten Planung dar.

³⁷ Richtlinie 2010/31/EU, 1.

³⁸ Vgl. BMWi, 17.

³⁹ Ebda., 24.

⁴⁰ Vgl. Neitzel 2017, 31.

Die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz werden vor allem durch die Art des Bauvorhabens definiert. Während Neubauvorhaben restriktive Auflagen vor allem in der Wohnbauförderung zu erfüllen haben, werden für Bestandsbauten im Zuge einer Sanierung niedrigere Werte vorgeschrieben. Das ist damit zu begründen, dass vor allem die Sanierungen noch bewohnter Gebäude oftmals eine planerisch und baugologisch große Herausforderung darstellen.

4.2.1 Bauphysikalische Grundlagen

Allgemein versteht man unter baulichem Wärmeschutz die Minimierung der (Heiz-)Energieverluste von Gebäuden. Energetische Maßnahmen beschränken sich jedoch längst nicht mehr nur auf die Optimierung der Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle. Ebenso mitentscheidend ist die haustechnische Planung inklusive der Energieverteilung im Haus. Eine gesamtheitliche energetische Beurteilung eines Gebäudes kann nur unter der gemeinsamen Einbeziehung von Dämmmaßnahmen und der Haustechnikanlage erfolgen.

Der Heizwärmebedarf in $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$ ist die wesentlichste Referenzgröße für den baulichen Wärmeschutz. Je höher der Heizwärmebedarf eines Gebäudes ist, desto mehr Energie wird zum Erreichen und Aufrechterhalten eines angenehmen Raumwärmeniveaus benötigt. Die Berechnung des Heizwärmebedarfs stellt einen komplexen Rechenvorgang dar. Zusammengefasst setzt sich dieser aus folgenden Schritten zusammen:⁴¹

1. Geometrieermittlung
 - a. Ermittlung der konditionierten Bruttogrundfläche A $[\text{m}^2]$ der Außenbauteile
 - b. Ermittlung des konditionierten Brutto-Volumens V $[\text{m}^3]$
 - c. Ermittlung der charakteristischen Länge $l_c = V/A$ $[\text{m}^1]$
2. Bauphysikermittlung
 - a. Berechnung der Transmissionswärmeverluste mithilfe der U-Werte einzelner Bauteile
 - b. Berechnung der Lüftungswärmeverluste
 - c. Berechnung der inneren Gewinne
 - d. Berechnung der solaren Gewinne

⁴¹ Vgl. Pöhn 2012, 25.

3. Berechnung des Heizwärmebedarfs
 - a. Ermittlung der Heizperiode
 - b. Wahl der Bauweise und Wärmespeicherfähigkeit

Der Heizwärmebedarf ist also nicht nur von den Wärmedämmeigenschaften einzelner Bauteile abhängig. Ebenso spielt die Geometrie, also die Architektur, eines Gebäudes eine wesentliche Rolle. Je kompakter ein Baukörper konzipiert wird, also je höher der I_c -Wert ist, desto geringer fällt der Energieaufwand zum Beheizen eines Gebäudes aus. Alternativ wird die Kompaktheit mit dem Oberflächen/Volumen-Verhältnisses beschrieben. Dieses Verhältnis wird aus dem Kehrwert der charakteristischen Länge gebildet. Je kleiner das A/V-Verhältnis ist, desto kompakter ist ein Gebäude geplant.

Durch die Gebäudedämmung werden die durch Wärmetransmission auftretenden Energieverluste minimiert. Die Transmission findet dabei zwischen dem Innenklima des Gebäudes und Außenklima statt, welches das Gebäude umgibt. Dementsprechend erfolgt die Wärmetransmission über die Außenbauteile, die diese beiden Klimata trennen (Außenwände, Fenster, Dach, Fundamentplatte). Der Wärmestrom fließt von „warm“ nach „kalt“. Die wärmeisolierende Leistungsfähigkeit eines Bauteiles wird mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten (oder U-Wert) in $[W/m^2K]$ beschrieben. Je niedriger der U-Wert eines Außenbauteiles ist, desto weniger Wärmeenergie wird über den Bauteil (in der Regel nach außen) transmittiert. Um den U-Wert eines Außenbauteiles zu minimieren ist es zurzeit gängige Praxis, an diesen Dämmstoffe mit einer geringen Wärmeleitfähigkeit λ $[W/mK]$ zu montieren. Der Zusammenhang von Dämmstoffdicke zum Wärmedurchgangskoeffizienten zeigt dabei einen hyperbolischen Verlauf mit einer asymptotischen Annäherung in x-Richtung.

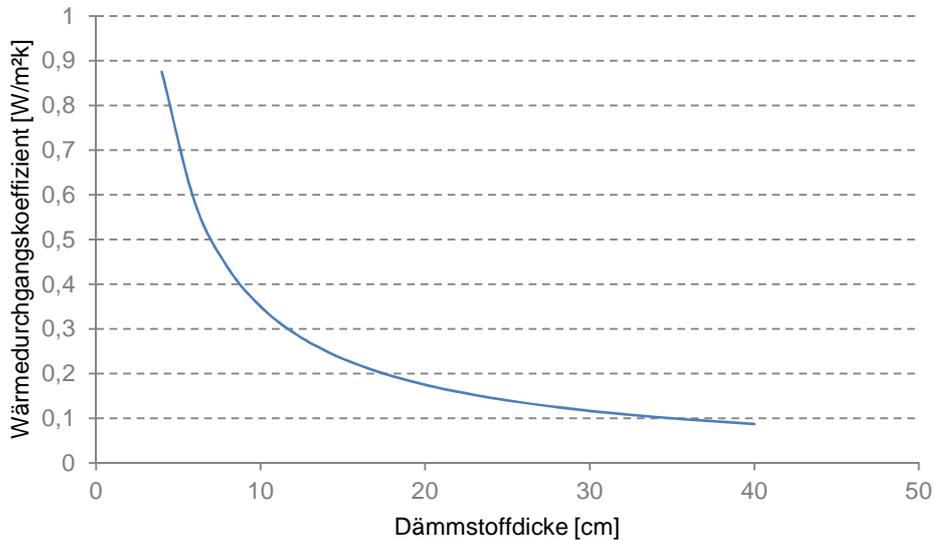


Abbildung 4-2 Verhältnis Wärmedurchgangskoeffizient zu Dämmstoffdicke für einen Wärmedurchgangswiderstand von $\lambda=0,035 \text{ W/mK}$

In Abbildung 4-2 wird ersichtlich, dass die ersten cm eines Dämmstoffes bezogen auf den Wärmedurchgangskoeffizient mehr dazu beitragen die Wärme im Haus zu behalten als die danach folgenden. Ein „mehr“ an Dämmung ist also nicht gleichbedeutend mit einer linearen Reduzierung des Wärmedurchgangskoeffizienten.

Allgemein wird die Nutzschwelle für die Dämmstärke in Abhängigkeit des Dämmmaterials bei etwas über 30cm angegeben, da hier die Kurve stark zu verflachen beginnt. Dabei wird aber davon ausgegangen, dass jeder cm Dämmstärke einen gleich hohen Betrag zur Dämmleistung eines Dämmstoffes beiträgt. Tatsächlich trägt jeder zusätzliche Zentimeter Dämmstärke weniger zur Minimierung der Wärmetransmission bei als der vorhergehende. Im Zuge einer gesamtheitlichen Kosten/Nutzen-Analyse stellt sich also die Frage, wie viel Dämmung:

- erstens aus energetischer Sicht sinnvoll erscheint (ab welchem Punkt benötigt die Herstellung der Dämmung mehr Energie als sie an Heizenergie einspart)
- zweitens aus ökonomischer Sicht rentabel ist (ab welchem Punkt sind die Investitionskosten für Dämmungen höher als die Kosteneinsparungen bezüglich Heizenergie)

Diese Fragestellung ist wieder in Abhängigkeit der gegebenen Randbedingungen eines jeden einzelnen Projektes (wie beispielsweise Energieverlust durch veraltete Heizleitungen im Bestand) zu beurteilen. Jochum berechnet, dass die aus

gesamtenergetischer Sicht optimale Dämmdicke zwischen 10 und 19cm liegt, weist aber ebenso auf die Abhängigkeit der projektbezogenen Parameter hin.⁴²

Energieverluste treten aber auch bei der Verteilung der erzeugten Heizenergie oder der Warmwasserverteilung innerhalb eines Gebäudes auf. Demzufolge kann auch eine optimierte oder in Bestandsgebäuden sanierte Anlagentechnik einen erheblichen Beitrag zur Einsparung von Heizenergie beitragen.⁴³

Neben den technischen Faktoren haben vor allem auch der Standort und das Nutzerverhalten erheblichen Einfluss auf die Bilanzierung des Heizenergiebedarfs. Durch beispielsweise zu langes Stoßlüften im Winter transmittiert ein großer Teil der Heizenergie durch das offene Fenster nach außen. Eine Reduzierung des Heizenergieverlustes verfolgt dabei sowohl das Ziel, Energie - und damit Kosten und Ressourcen - zu „sparen“, als auch die Behaglichkeit der (Lebens-)Räume für den Menschen zu erhöhen.

4.2.2 Rechtliche Grundlagen

Die Argumentation der Kostensteigerung aufgrund der immer restriktiver werdenden rechtlichen Anforderungen verlangt nach einer Darstellung der rechtlichen Rahmenbedingungen und deren zeitlicher Entwicklung. Da sowohl Studienergebnisse aus Österreich als auch aus Deutschland angeführt sind, werden diese für beide Staaten analysiert.

Da Normen- und Gesetzestexte entweder auf bereits einschlägige Literatur aufbauen oder auf diese weiterverweisen, bildet dieses Kapitel nur die wesentlichsten Grundlagen zu diesem Thema ab.

Die europäische Union definiert mit der Richtlinie 2010/31/EU – „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ den rechtlichen Ausgangspunkt für energetisches Bauen auf EU-Ebene. Das erklärte politische Ziel der EU ist einen entscheidenden Beitrag zur Minderung des weltweiten Temperaturanstiegs unter 2°C zu leisten, und die Reduktion der Gesamttreibhausgasemissionen um zumindest 20%

⁴² Vgl. Jochum 2016, 291f.

⁴³ Unter der thermodynamischen Annahme, dass Energie aus Exergie und Anergie besteht, kann Energie aus physikalischer Sicht nicht „gespart“ werden. Im Weiteren wird u.a. deshalb auf eine wissenschaftlich korrekte Beschreibung der Begrifflichkeiten verzichtet, als dass sich „Energie sparen“ im täglichen Sprachgebrauch eingebürgert hat.

gegenüber den Werten von 1990 zu senken. Die ambitionierte Ausrichtung der Europäischen Union verpflichtet jeden Mitgliedsstaat im Rahmen seiner Gesetzgebungen diese Richtlinie umzusetzen.⁴⁴ Dabei wird jedem Staat die Möglichkeit eingeräumt die Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz selbst zu definieren. Diese sollten unter Rücksichtnahme auf ein „kostenoptimales Verhältnis zwischen den zu tätigen Investitionen und den über die Lebensdauer des Gebäudes ersparten Energiekosten“ definiert werden. Jeder Staat besitzt aber auch das Recht energetische Anforderungen über das kostenoptimale Niveau hinaus festzulegen. Die Mitgliedsstaaten gewährleisten im Rahmen ihrer Gesetzgebung, dass bis 31. Dezember 2020 alle Neubauten Niedrigstenergiestandard aufweisen. Für öffentliche Gebäude gilt dies bereits ab 31. Dezember 2018.⁴⁵

4.2.2.1 Österreich

Die rechtliche Basis für den Wärmeschutz in Österreich bildet neben den länderspezifischen Baugesetzen die „OIB-Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz“. Durch die in der Verfassung geregelte Kompetenzverteilung in Österreich ist den einzelnen Bundesländern die Anwendung der OIB-Richtlinien grundsätzlich freigestellt. Dort, wo sie bereits Gültigkeit besitzen, müssen ergänzende Gesetzestexte der einzelnen Bundesländer in die Planung miteinbezogen werden. Die erste Fassung der OIB-Richtlinien wurde 2007 publiziert, wobei die Richtlinie 6 im Jahr 2008 und die Richtlinien 1 bis 5 erst im Jahr 2011 Rechtsgültigkeit in der Steiermark erlangten. Die momentan gültige Fassung aus dem Jahre 2015 ist seit 1. Juli 2017 für ganz Österreich anzuwenden. Da die langfristige baurechtliche Entwicklung auf eine österreichweite Vereinheitlichung der Rechtssituation abzielt, beziehen sich die nachfolgenden Anführungen nur mehr auf die OIB-Richtlinie. In Tabelle 4-3 werden die aktuell einzuhaltenden U-Werte einzelner Bauteile dargestellt.

⁴⁴ Richtlinie 2010/31/EU, 1.

⁴⁵ Ebda., 2.

	Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
1	WÄNDE gegen Außenluft	0,35
2	WÄNDE gegen unbeheizte oder nicht ausgebaute Dachräume	0,35
3	WÄNDE gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume) sowie gegen Garagen	0,60
4	WÄNDE erdberührt	0,40
5	WÄNDE (Trennwände) zwischen Wohn- oder Betriebseinheiten oder konditionierten Treppenhäusern	0,90
6	WÄNDE gegen andere Bauwerke an Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenzen	0,50
7	WÄNDE kleinflächig gegen Außenluft (z.B. bei Gaupen), die 2 % der Wände des gesamten Gebäudes gegen Außenluft nicht überschreiten, sofern die ÖNORM B 8110-2 (Kondensatfreiheit) eingehalten wird	0,70
8	WÄNDE (Zwischenwände) innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten	–
9	FENSTER, FENSTERTÜREN, VERGLASTE TÜREN jeweils in Wohngebäuden (WG) gegen Außenluft ⁽¹⁾	1,40
10	FENSTER, FENSTERTÜREN, VERGLASTE TÜREN jeweils in Nicht-Wohngebäuden (NWG) gegen Außenluft ⁽¹⁾	1,70
11	sonstige TRANSPARENTE BAUTEILE vertikal gegen Außenluft ⁽²⁾	1,70
12	sonstige TRANSPARENTE BAUTEILE horizontal oder in Schrägen gegen Außenluft ⁽²⁾	2,00
13	sonstige TRANSPARENTE BAUTEILE vertikal gegen unbeheizte Gebäudeteile ⁽²⁾	2,50
14	DACHFLÄCHENFENSTER gegen Außenluft ⁽³⁾	1,70
15	TÜREN unverglast, gegen Außenluft ⁽⁴⁾	1,70
16	TÜREN unverglast, gegen unbeheizte Gebäudeteile ⁽⁴⁾	2,50
17	TÖRE Rolltore, Sektionaltore u. dgl. gegen Außenluft ⁽⁵⁾	2,50
18	INNENTÜREN	–
19	DECKEN und DACHSCHRÄGEN jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt) ⁽⁶⁾	0,20
20	DECKEN gegen unbeheizte Gebäudeteile ⁽⁶⁾	0,40
21	DECKEN gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten ⁽⁶⁾	0,90
22	DECKEN innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten ⁽⁶⁾	–
23	DECKEN über Außenluft (z.B. über Durchfahrten, Parkdecks) ⁽⁶⁾	0,20
24	DECKEN gegen Garagen ⁽⁶⁾	0,30
25	BÖDEN erdberührt ⁽⁶⁾	0,40
<p>⁽¹⁾ ... Für Fenster ist für den Nachweis des U-Wertes das Prüfnormmaß von 1,23 m × 1,48 m anzuwenden, für Fenstertüren und verglaste Türen das Maß 1,48 m × 2,18 m.</p> <p>⁽²⁾ ... Für großflächige, verglaste Fassadenkonstruktionen sind die Abmessungen durch die Symmetrieebenen zu begrenzen.</p> <p>⁽³⁾ ... Für Dachflächenfenster ist für den Nachweis des U-Wertes das Prüfnormmaß von 1,23 m × 1,48 m anzuwenden.</p> <p>⁽⁴⁾ ... Für Türen ist das Prüfnormmaß 1,23 m × 2,18 m anzuwenden.</p> <p>⁽⁵⁾ ... Für Tore ist das Prüfnormmaß 2,00 m × 2,18 m anzuwenden.</p> <p>⁽⁶⁾ ... Für Decken und Böden kleinflächig gegen Außenluft darf für 2 % der jeweiligen Fläche der U-Wert bis zum Doppelten des Anforderungswertes betragen, sofern die ÖNORM B 8110-2 (Kondensatfreiheit) eingehalten wird.</p>		

Tabelle 4-3 U-Werte einzelner Bauteile laut OIB-Richtlinie 6 2015

Dabei wurde gegenüber der ersten OIB-Fassung aus dem Jahr 2007 keine Verschärfung, aber eine differenziertere Auflistung der U-Wert-Anforderungen an die Bauteile vorgenommen.⁴⁶ Wohl aber wurden die Anforderungen hinsichtlich des Heizwärmebedarfs (HWB)

⁴⁶ Vgl. OIB-Richtlinie 6 2007, 6.

verschärft. Dieser wurde für Wohngebäude beginnend bei $\text{HWB}_{\text{BGF,WG,max,Ref}} = 26 \cdot (1 + 2,0/l_c)$ höchstens jedoch 78 kWh/(m²a) bzw. $\text{HWB}_{\text{BGF,WG,max,Ref}} = 19 \cdot (1 + 2,5/l_c)$ höchstens jedoch 66,5 kWh/(m²a) ab 01.01.2010⁴⁷ sukzessive auf $\text{HWB}_{\text{max,Ref,RK}} = 14 \cdot (1 + 3,0/l_c)$ höchstens jedoch 47,6 kWh/(m²a) herabgesetzt.⁴⁸

Die Einführung der OIB-RL 6 2007 bedeutete ebenso eine Verschärfung der gesetzlichen Anforderungen des HWB. Betrag der max. HWB für ein Wohngebäude mit einer Bruttogrundfläche der Außenbauteile von 1800m² und einem A/V-Verhältnis von 0,4 (also einem l_c -Wert von 2,5) ab 1997 mit 58,03 kWh/(m²a),⁴⁹ so musste ab Inkrafttreten der OIB-RL 6 im Juli 2008 ein HWB von 46,8 kWh/(m²a) erreicht werden. Die aktuelle Ausgabe der OIB-RL 6 von 2015 beschränkt den maximalen HWB für ein Gebäude mit den gleichen geometrischen Randbedingungen mit 30,8 kWh/(m²a).

In der allgemeinen Diskussion wird oftmals übersehen, dass eine gesamtheitliche energetische Bewertung nicht alleine vom HWB abhängig ist. In gleicher Weise müssen der Primärenergiebedarf (PEB), die Kohlendioxidemissionen (CO₂) und der Gesamtenergieeffizienz-Faktor (f_{GEE}) mitberücksichtigt werden. Das bedeutet, dass der HWB als alleinige referenzielle Angabe über die Gesamtenergie-Effizienz nicht ausreichend ist.⁵⁰

Neben den in der OIB-Richtlinie definierten Mindestanforderungen sind für Wohnbauförderungen bundeslandabhängig fallweise noch strengere Anforderungen hinsichtlich zu erreichender energetischer Niveaus einzuhalten. Vor allem diese strengeren Anforderungen der Wohnbauförderung werden in der Fachwelt unterschiedlich, teilweise aber auch negativ bewertet.⁵¹ Auf normativer Ebene ist die Normenreihe der ÖNORM B 8110 „Wärmeschutz im Hochbau“ inklusive all ihrer gültigen Teile eine wichtige Literaturquelle im Hochbau. Die ÖNORM H 5056 „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Heiztechnik-Energiebedarf“ definiert Grundlagen zur Berechnung des Energiebedarfs für die Anlagentechnik definiert.

⁴⁷ Ebda., 2.

⁴⁸ Vgl. OIB Richtlinie 6 2015, 4.

⁴⁹ Vgl. Lugger/Amann 2007, 29.

⁵⁰ Vgl. Pöhn u.a. 2012, 140.

⁵¹ Vgl. Paulitsch 2017, 426f.

4.2.2.2 Deutschland

In Deutschland werden die energetischen Standards seit 2002 mit der Energieeinsparverordnung definiert, welche die Wärmeschutzverordnung abgelöst haben. Seit 2009 findet zur energetischen Bewertung von Gebäuden das Referenzgebäude-Verfahren Anwendung, bei dem in Abhängigkeit der jeweiligen Gebäudekonfiguration ein einzuhaltendes Anforderungsniveau ermittelt wird. Das bedeutet, dass die Kompaktheit eines Gebäudes, also dessen A/V-Verhältnis, keine Rolle spielt. Die energetische Bewertung berücksichtigt sowohl die Gebäudehülle als auch die Anlagentechnik.⁵²

Tabelle 4-4 gibt einen Überblick über die Entwicklung der U-Werte im Zeitraum der jeweils gültigen energetischen Anforderungen.

⁵² Vgl. Rongen u.a. 2015, 22.

Bauteil	WSchV		EnEV			KfW-EH 40	Passivhaus
	1982	1994	2002	2009	2014		
Außenwand	0,60	0,50	0,45	0,28	0,28	≈ 0,16	≈ 0,14
Außenwand gegen Erdreich	-	-	-	0,35	0,35	≈ 0,18	≈ 0,14
Dach	0,45	0,30	0,30	0,20	0,20	≈ 0,14	≈ 0,12
Oberste Geschoßdecke	0,45	0,30	0,30	0,20	0,20	≈ 0,14	≈ 0,12
Flachdächer	-	-	0,25	0,20	0,20	≈ 0,14	≈ 0,12
Kellerdecken, Decken gegen Erdreich	0,70	0,50	0,4/0,5	0,35	0,35	≈ 0,18	≈ 0,15
Fenster (U_w)	2,60	1,80	1,70	1,30	1,30	≈ 0,90	≤ 0,80

Tabelle 4-4 U-Wert-Anforderungen in Abhängigkeit der Entwicklung der Energiestandards in Deutschland

Die EnEV 2014 integrierte bereits eine schrittweise Verschärfung der gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich Energieeffizienz, die mit dem Stichtag des 1. Jänner 2016 umgesetzt werden müssen. In der Literatur wird diese Verschärfung oftmals mit EnEV 2016 benannt, was den Eindruck einer Neufassung der EnEV erweckt. Tatsächlich waren diese Verschärfungen aber bereits in der EnEV 2014 implizit enthalten. Dabei werden der Jahres-Primärenergiebedarf für Wohn- und Nichtwohngebäude ab 2016 um 25% gemindert. Neue Wohnbauten müssen einen um 20% höheren Wärmeschutz erfüllen. Dabei bezieht sich der 20%-Schwellenwert nicht auf einzelne Bauteile, sondern auf den mittleren U-Wert der gesamten Gebäudehülle.⁵³ Sanierungen im Bestand sind von der Verschärfung

⁵³ Vgl. Oswald 2016, 23f.

ausgenommen.⁵⁴ Tabelle 4-5 zeigt die momentan gültigen U-Wert-Anforderungen der EnEV 2014.

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Außenwand (einschließlich Einbauten wie Rollladenkästen), Geschoßdecke gegen Außenluft	0,28
Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	0,35
Dach, oberste Geschoßdecke, Wände zu Abseiten	0,20
Fenster, Fenstertüren	1,30
Dachflächenfenster	1,40
Lichtkuppeln	2,70
Außentüren	1,80

Tabelle 4-5 Mindestanforderungen des U-Wertes nach Ausführung des Referenzgebäudes laut EnEV 2014

Des Weiteren gibt es für Deutschland über die EnEV hinausgehende Anforderungen, bei deren Einhaltung zusätzliche Förderzuschüsse für Neubauten und Sanierungen beantragt werden können. Solche strengeren Förderkriterien definiert beispielsweise die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) mit ihren verschiedenen KfW-Effizienzhausstandards. So bedeutet ein KfW-EH 40, wie er in Tabelle 4-4 angegeben ist, dass der zulässige Höchstwert des Primärenergiebedarfes nach EnEV max. 40% erreichen darf.

4.2.3 Gebäudeklassifizierungen

Für die Beschreibung energetischer Leistungsklassen werden neben Zahlenwerten auch Begriffe für energetische Baustandards verwendet, deren konkrete Bedeutung aufgrund von missverständlichen Verwendungen oftmals unklar erscheinen. Dies

⁵⁴ Ebda., 28.

führt mitunter zu unterschiedlichen Auffassungen der einzelnen Klassifizierungen. Dazu beigetragen hat mit Sicherheit auch eine stetige Verbesserung der energetischen Standards über die letzten Jahre, wodurch Begrifflichkeiten teilweise weitergefasst oder durch neue (ähnliche) Begriffe ergänzt werden mussten. Im Folgenden werden daher kurz die heute gängigsten Baustandards vorgestellt.

4.2.3.1 Niedrigenergiehaus

Die seit 2016 zurückgezogene ÖNORM B 8110-1 „Wärmeschutz im Hochbau – Teil 1: Deklaration des Wärmeschutzes von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf“ regelte die Begriffsbestimmungen für das Niedrigenergiegebäude mit der Ermittlung des HWB analog zu der heute gültigen OIB-RL mittels des I_c -Wertes.⁵⁵ Der HWB ist also in Abhängigkeit der Gebäudegeometrie zu ermitteln. Allgemeine HWB-Höchstwerte eines sogenannten „Niedrigenergiehaus-Standards“ sind somit nicht ermittelbar, obwohl eine solche Kategorisierung immer wieder vorgefunden werden kann. Die angegebenen Werte reichen dabei von 30 bis 50 kWh/(m²a).⁵⁶

4.2.3.2 Passivhaus

Allgemein bekannt ist, dass beim Passivhaus-Standard der Heizwärmebedarf (HWB) maximal 15 kWh/(m²a) betragen darf. Zusätzlich ist ein Passivhaus so zu konzipieren, dass der Primärenergiebedarf (Heizen, Kühlen, Warmwasser, Strom inkl. Haushaltsstrom) nicht mehr als 115 kWh/(m²a) beträgt. Aufgrund von hocheffizienten Bauteilen sind Passivhäuser mit einer spezifischen Heizlast von 10 W/m² verglichen mit herkömmlichen Bauweisen sehr energieeffizient. Das Konzept des Passivhauses geht auf eine Forschungsarbeit von Bo Anderson und Wolfgang Feist an der Universität in Lund (Schweden) aus dem Jahre 1988 zurück. Feist war es auch, der 1991 in Zusammenarbeit mit dem Passivhaus Institut (PHI) Darmstadt das erste Passivhaus baute.⁵⁷

⁵⁵ Vgl. ÖNORM B 8110-1 2011, 9f.

⁵⁶ Vgl. Lugger/Amann 2007, 13.

⁵⁷ Vgl. Rongen u.a. 2015, 17.

4.2.3.3 Nullenergiehaus

Der Begriff Nullenergiehäuser trifft für Gebäude zu, die in der Lage sind genauso viel Energie herzustellen wie sie verbrauchen. Dabei spielt vor allem die Bewertungsmethode der Energiebilanz eine wesentliche Rolle. Beginnend bei relativ wenigen Bilanzierungsparametern von verbrauchtem Heizwärme- und Warmwasserbedarf bis hin zur Berücksichtigung des Stromverbrauchs, der Mobilität oder der benötigten Energie zur Herstellung eines Hauses (sogenannte graue Energie) erfolgt die energetische Bewertung von Gebäuden auf unterschiedliche Weise.⁵⁸

4.2.3.4 Plusenergiehaus

Bei einem Plusenergiehaus ergeben alle energetischen Berechnungen eine positive Bilanz. Wie beim Nullenergiehaus gibt es ähnlich viele Interpretationen dieses Begriffes. Deshalb wird für die vorliegende Arbeit auf die Begriffsdefinition des BMUB zurückgegriffen. Dabei betragen sowohl der Jahres-Primärenergiebedarf als auch der Endenergiebedarf weniger als 0 kWh/(m²a). Die Nachweise sind analog zur EnEV nach der DIN V 18599 zu führen.⁵⁹ Alternativ ist auch eine Berechnung nach dem Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) möglich.⁶⁰

4.2.3.5 Zukünftige Energiestandards

Die kontinuierliche Weiterentwicklung neuer Technologien sowie der gesellschaftliche und politische Fokus auf die Energiewende verlangen eine Weiterentwicklung auch vom Gebäudesektor. Der vor Jahren eingeführte Begriff des „Niedrigenergiehauses“ stellt heute den energetischen Ausführungsstandard bei Neubauten dar. Ab 2020 wird für Neubauten der nächst höhere „Niedrigstenergiegebäude“-Standard vorgeschrieben, womit sich das Niveau des Ausführungsstandards weiter in Richtung energieeffizienterer Gebäude verschiebt. Die Bewertung der Gebäude erfolgt dabei nicht, wie früher üblich, nur über den HWB, sondern beinhaltet zudem den Gesamtenergieeffizienz-Faktor, Primärenergiebedarf und die CO₂-Emissionen.⁶¹ Das Gebäude wird immer mehr als energetisches

⁵⁸ Ebda., 17f.

⁵⁹ Vgl. BMUB 2016, 8.

⁶⁰ Vgl. Rongen u.a. 2015, 18.

⁶¹ Vgl. OIB-Dokument Nationaler Plan 2014, 2.

Gesamtsystem verstanden, in welchem eine Vielzahl an Parametern zu berücksichtigen ist. Daher werden zukünftig neue Gebäudestandards zu benennen sein.

Das Passivhausinstitut Darmstadt erweitert die Begriffspalette des Passivhauses um „Classic“ (gleichbedeutend mit dem bisherigen Passivhausstandard), „Plus“ (erzeugt zusätzlich Energie) und „Premium“ (erzeugt mehr Energie als es benötigt). Der Schwellenwert für den HWB bleibt mit max. 15 kWh/(m²a) für alle Klassen gleich. Hinzu kommt die Bewertung des Gesamtenergiebedarfs. Für die Kategorie „Classic“ darf dieser nicht 60 kWh/(m²a) übersteigen. Für „Plus“ gilt ein Gesamtenergiebedarf von max. 40 kWh/(m²a) bei gleichzeitiger Erzeugung von 60 kWh/(m²a) und für „Premium“ gelten ein maximaler Gesamtenergiebedarf von 30 kWh/(m²a) bei einer Energieerzeugung von mindestens 120 kWh/(m²a).⁶²

Eine zweite zukunftsorientierte Gebäudeklassifizierung ist die des „Aktivhauses“, welche markenrechtlich geschützt ist. Dabei gibt der Aktivhaus-Standard als einziges Ziel vor, den kompletten Energieverbrauch inkl. Nutzerstrom aus nachhaltigen Energieressourcen selber zu gewinnen. Es werden keine Methoden zur Zielerreichung wie beispielsweise Mindest-U-Werte, Luftdichtigkeit und dergleichen vorgeschrieben. Hauptneuerung ist ein algorithmusunterstütztes Gebäudemonitoring, welches ein kontinuierliches Messen aller Energieströme im Gebäude ermöglicht. Das System kann in Abhängigkeit äußerer wie innerer Veränderungen reagieren und die Gebäudetechnik automatisch adaptieren. Der Algorithmus besitzt die Fähigkeit, Nutzerverhalten zu analysieren und von ihnen zu lernen. Damit kann das Gebäude „aktiv“ sich selbst organisieren und selbstregeln.⁶³

Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Gebäudeklassifizierungen zeigt, dass in der Planung heutiger Gebäude zukünftige Entwicklungen tendenziell abgeschätzt und möglichst miteinbezogen werden sollten. Entscheidungen, die heute getroffen werden, beeinflussen den ökonomischen Wert einer Liegenschaft für deren restliche Lebensdauer. „So wie sich der Niedrigenergiestandard nach einer Einführungsphase von 15 Jahren in der EnEV 2002 manifestierte, wird das Bauen mit Passivhauskomponenten im Jahr 2020 selbstverständlich sein. [...] Die Bauteile der Gebäudehülle sind nur dann betriebswirtschaftlich sinnvoll ausgeführt, wenn der

⁶² Rongen u.a. 2015, 177-179.

⁶³ Vgl. Heinlein 2015, 125.

Energiestandard auf die Nutzungsdauer von 30 [...] Jahren ohne erneute energetische Ertüchtigung Bestand hat.“⁶⁴

4.2.4 Problemfelder der Kostenbewertung für Wärmeschutz

Die Bewertung der energetischen Leistung von Gebäuden hat sich weg von der reinen Betrachtung des HWB hin zu einer gesamtheitlich energetischen Beurteilung entwickelt. Lag früher der Fokus auf die Reduktion der Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle, müssen nunmehr ebenso anlagentechnische Installationen in Gebäuden in gleicher Weise mitberücksichtigt werden. Das Hauptziel definiert sich mittlerweile durch die Reduktion des Primärenergiebedarfs. Dabei definiert sich der Primärenergiebedarf nach den Begriffsbestimmungen der OIB-Richtlinie als „Endenergiebedarf einschließlich der Verluste in allen Vorketten.“⁶⁵ Reine hochbautechnische Maßnahmen bilden damit nicht mehr den alleinigen Einflussfaktor zur energetischen Optimierung von Gebäuden.

Bei der energetischen Sanierung ist grundsätzlich zwischen einem Neubau und einer Sanierung zu unterscheiden. Während bei Neubauten die energetischen Anforderungen ohne wesentliche Einschränkungen erreicht werden können, treten bei Sanierungen viele weitere erschwerende Rahmenbedingungen auf. Diese sind projektspezifisch unterschiedlich und müssen in der Preisbildung berücksichtigt werden.

Bewertungen zur Energieeffizienz sind ein Ergebnis von Modellbildungen. Solche Modellbildungen benötigen im Vorfeld eine Definition der später auftretenden Rahmenbedingungen. In mehreren Studien wurde bereits nachgewiesen, dass der rechnerisch kalkulierte Energieverbrauch oftmals nicht mit dem später tatsächlich gemessenen Energieverbrauch übereinstimmt. Diese Ergebnisse stellen also die Möglichkeiten solcher Modellbildungen in Frage. Der wesentlichste Einflussfaktor ist das Nutzerverhalten, der durch den Rebound- bzw. Prebound-Effekt beschrieben wird. Im Speziellen wird auf dieses Phänomen in Kapitel 4.2.5.1 näher eingegangen.

In Kapitel 2.1 wird erläutert, dass der Flächenbedarf pro Person in den letzten Jahren zugenommen hat.⁶⁶ Vereinzelt wird daher in der

⁶⁴ Rongen u.a. 2015, 32f

⁶⁵ Vgl. OIB-Richtlinie Begriffsbestimmungen 2015, 8.

⁶⁶ Vgl. dazu Abbildung 2-2 auf Seite 5.

Fachwelt die physikalische Größe [kWh/(m²a)] angezweifelt. Die energetischen Gewinne durch eine Reduzierung der Energie auf die Quadratmeter würden durch einen erhöhten Wohnflächenkonsum weitestgehend relativiert. In der Fachwelt wird daher die Einführung der Einheit „kWh/(Person und Jahr)“ gefordert, die wohl schon aufgrund praktischer Fragestellungen bezüglich einer realitätsnahen Modellbildung nicht eingeführt wird.⁶⁷

Letztendlich muss auch festgehalten werden, dass eine Bezugnahme des Kostenanstiegs zu gestiegenen gesetzlichen Anforderungen insofern schwierig ist, als dass viele Bauprojekte in der Praxis ohnehin mit einem erhöhten energetischen Standard ausgeführt werden. Damit sind auch die Marktmechanismen von Angebot und Nachfrage wesentliche Parameter für den Anstieg der höheren ausgeführten Standards im Wohnbau. Rechtliche Verschärfungen sind somit nur ein „Nachziehen“ der ohnehin vorgefundenen Baupraxis.

4.2.5 Ergebnisse zu Kostenaufwendungen für den baulichen Wärmeschutz

Als Datengrundlage dienen mehrere Studien, die sich ihrem Erscheinen nach in chronologischer Reihenfolge in dieser Arbeit wiederfinden. Zudem sind die Studien zum besseren Verständnis entsprechend ihrer Datengrundlagen (Typengebäude beziehungsweise tatsächlich abgewickelte Projekte) aufgegliedert. Vorerst werden nur Kosten für Neubauten betrachtet. Unter diesem Aspekt können detailliertere Analysen zu verschiedenen Dämmmaßnahmen und der technischen Gebäudeausstattung erarbeitet werden, da Sanierungen noch mehr als Neubauten vor allem von den örtlichen Gegebenheiten und baulichen Rahmenbedingungen beeinflusst werden.

4.2.5.1 Kostenermittlung mithilfe verschiedener Typengebäude:

- KOSTENTREIBER FÜR DEN WOHNUNGSBAU (2015)

Walberg u.a. erarbeiteten 2015 in der Studie „Kostentreiber für den Wohnbau“ mehrere Faktoren der Baupreissteigerung. Untersucht wurde unter anderem die Kostenentwicklung der Bauwerkskosten (KG 300 und 400) aufgrund ständig steigender

⁶⁷ Vgl. Oswald 2016, 168.

Energieeffizienzanforderungen. Als Datenbasis wurde das in Kapitel 3.6.2 kurz vorgestellte Gebäudemodell des Typenhauses^{MFH} der ARGE Kiel herangezogen. Verglichen wurden die Jahre 2000 und 2014, wobei für die Energiebewertung des Typengebäudes im Jahr 2014 bereits die Anforderungen der EnEV 2016 berücksichtigt wurden.⁶⁸ Der Berechnungsansatz der Gebäudehülle für 2000 wird in Abbildung Tabelle 4-6 und der für 2014 in Tabelle 4-7 dargestellt. Die Vergleichsergebnisse sind in Tabelle 4-8 angeführt.

Notwendige Gebäudehülle WSchV 1995

	U-Wert [W/(m ² K)]	Beschreibung
Außenwände	0,50	Monolith. Ziegelwandsystem z.B. $\lambda=0,18$ W/(mK), 30cm oder WDVS z.B. $\lambda=0,040$ W/(mK), 6cm (17,5cm Hintermauerwerk)
Fenster	1,5	2-fach Wärmeschutz
Dach	0,3	12cm Dämmung, $\lambda=0,040$ W/(mK)
Kellerdecke	0,5	6cm Dämmung, $\lambda=0,040$ W/(mK)
Wärmebrücken	0,05	Ansatz in WSchV unberücksichtigt
	Hochstwert	Nach der beschriebenen Ausführung
H _T	Keine Vorgabe	0,61

Tabelle 4-6 Gebäudehülle des Typenhauses MFH für das Jahr 2000

⁶⁸ Walberg u.a. 2015, 63-68.

Notwendige Gebäudehülle EnEV ab 2016

	U-Wert [W/(m²K)]	Beschreibung
Außenwände	0,33	Monolith. Ziegelwandsystem z.B. $\lambda=0,11$ W/(mK), 30cm oder WDVS z.B. $\lambda=0,035$ W/(mK), 10cm (17,5cm Hintermauerwerk)
Fenster	1,1	3-fach Wärmeschutz
Dach	0,21	16cm Dämmung, $\lambda=0,040$ W/(mK)
Kellerdecke	0,30	10cm Dämmung, $\lambda=0,040$ W/(mK)
Wärmebrücken	0,05	Ansatz der Wärmebrücken nach DIN 4108, Beiblatt 2
	Hochstwert	Nach der beschriebenen Ausführung
H_T	0,434	0,432

Tabelle 4-7 Gebäudehülle des Typenhauses MFH für das Jahr 2014

Die U-Werte der Gebäudehüllen entsprechen dabei den Mindestanforderungen der jeweils zum Zeitpunkt der Betrachtung gültigen gesetzlichen Bestimmungen. Für 2000 war dies in Deutschland die Wärmeschutzverordnung 1995. Für das Betrachtungsjahr 2014, wie bereits erwähnt, werden die Werte der EnEV 2016 herangezogen. In der Studie wird nicht darauf hingewiesen, dass die Mindestanforderungen oftmals unter dem tatsächlich umgesetzten energetischen Niveau liegen. Beispielsweise entspricht eine Außenwand mit einem U-Wert von 0,33 W/m²K nicht dem momentanen Ausführungsstandard, der zurzeit bei 0,2 W/m²K und darunter liegt.

Auf Basis dieser Bauteilgliederung werden im Weiteren Kostengegenüberstellungen der jeweiligen Energiestandards von 2000 und 2014 in den einzelnen Bauteilen dargestellt. Das Ergebnis dieser Gegenüberstellung wird in Tabelle 4-8 veranschaulicht. Dabei erfolgt die Positionsgliederung und Positionszuordnung der Studie von Rohbaukosten und Ausbaurbeiten nicht analog zur Aufgliederung nach Bauwerkskosten (KG 300 und 400) der DIN 276, obwohl dies in den Spaltenüberschriften beschrieben wird. Beispielsweise finden sich in der Auflistung nach Tabelle 4-8 für den Ausbau die Tischlerarbeiten und Küchen, die lt. DIN 276 der KG 600-Ausstattung zuzuordnen wären. Gleiches gilt für den Innenputz, Balkone, Bodenbeläge, Estricharbeiten, Reinigung und Trockenbau

(alle KG 300). Aus Tabelle 4-8 können somit, anders als die einzelnen Spaltenüberschriften vermuten ließen, keine direkten Vergleiche für Rohbaukosten der KG 300 und der Ausbaukosten der KG 400 im Sinne der DIN 276 für verschiedene energetische Standards gezogen werden. Dennoch bietet die nachfolgende Aufstellung in Tabelle 4-8 einen Anhaltspunkt zur Analyse und weiteren Diskussion der Kostenverschiebungen.

Leistungsbereiche	2000	2014	DIFFERENZ
	%-Anteil KG 300-400	%-Anteil KG 300-400	%-Anteil KG 300-400
	Median	Median	Median
001 Erdarbeiten	2,6	2,5	-0,1
002 Maurer-/Betonarbeiten	36,9	29,5	-7,4
003 Dämmarbeiten	5,1	5,5	0,4
004 Zimmer-/Holzbauarbeiten	3,8	3,3	-0,5
005 Klempner-/Stahlbauarbeiten	1,9	2,1	0,2
006 Dachdecker-/abdichtungsarbeiten	3,3	2,9	-0,3
Rohbau	53,7	45,9	-7,8
007 Sanitäre Installation/Obj.	4,5	5,5	1,0
008 Elektrische Installation	4,5	4,9	0,4
009 Heizungsinstallation	3,7	6,2	2,6
010 Def. Be- und Entlüftung	0,0	1,9	1,9
011 Fliesenarbeiten	4,1	3,4	-0,7
012 Tischlerarbeiten (außen)	3,2	5,1	1,9
013 Tischlerarbeiten (innen)	3,6	3,5	-0,1
014 Trockenbau	2,7	2,5	-0,2
015 Malerarbeiten	3,5	2,9	-0,6
016 Schlosserarbeiten	1,4	1,5	0,1
017 Balkone	3,5	4,1	0,6
018 Innenputz	2,7	2,3	-0,4
019 Estricharbeiten	1,9	2,4	0,5
020 Bodenbelagsarbeiten	2,6	2,7	0,1
021 Küchen	2,8	3,4	0,5
022 Betonwerkstein	1,3	1,2	-0,1
023 Schließanlage	0,2	0,2	0,0
024 Baureinigung	0,3	0,3	0,0
Ausbau	46,3	54,1	+7,8
Bauwerkskosten Grundvariante	100	100	

Tabelle 4-8 Entwicklung der prozentanteiligen Bauwerkskosten für das Typengebäude^{MFH} zwischen 2000 bis 2014, aufgeschlüsselt nach selbst definierter Kategorisierung der ARGE Kiel.

Bei der Analyse einzelner Kostenpositionen zeigt sich ein Rückgang der Mauer- und Betonarbeiten um 7,4%. Demgegenüber stiegen die Anteile der Heizungsinstallation um 2,6% und der Lüftungsanlagen um 1,9%.

Betrachtet man die Spalte „003 Dämmarbeiten“, so sieht man, dass der Kostenanteil der Dämmung um 0,4% gestiegen ist. Walberg u.a. merken an, das sei „auf Kostensteigerungen infolge von Anforderungs- und Qualitätsveränderungen zurückzuführen. [...] Dementsprechend haben sich in den Leistungsbereichen Dämmarbeiten 003 [...] die Kostenanteile [...] deutlich erhöht.“⁶⁹ Betrachtet man aber die Spalte „003 Dämmarbeiten“, so sieht man, dass der Kostenanteil der Dämmung um nur 0,4% gestiegen ist, obwohl in den letzten Jahren immer dickere Dämmstärken bei Neubauten zum Einsatz gekommen sind.

Des Weiteren ist für die Berechnung der in Tabelle 4-8 abgebildeten Angaben ist folgendes zu beachten:

Zwar ist der Anstieg der Dämmdicke von 6cm im Betrachtungsjahr 2000 zu 10cm im Jahr 2014 für das Erreichen des jeweiligen Dämmstandards ausreichend. Tatsächlich ausgeführte Projekte der letzten Jahre weisen aber einen weitaus höheren Anteil an Dämmstärken bei der Ausführung von WDVS von 16cm und mehr auf. Da die Datenbasis der angesetzten Preise für einzelne Bauteile tatsächlich ausgeführte Projekte miteinbezieht, ist davon auszugehen, dass die Ausführung höherer Dämmstärken, obwohl bei der Außenwand des Typenhauses^{MFH} nicht explizit angesetzt, sich ebenso in der Preissteigerung von 0,4% widerspiegelt.

Aufgrund der starken Zunahme der Dämmstärke ist die Zunahme des Kostenanteils um 0,4% daher als verhältnismäßig unterdurchschnittlich zu bewerten. Wie die in dieser Arbeit in Kapitel 4.2.5.2 angeführte Studie von Von Manteuffel u.a. zeigt, lässt sich diese Schlussfolgerung plausibilisieren.

Insgesamt beziffert die Studie überblicksmäßig die Preisniveaus verschiedener Ausführungsstandards laut nachfolgender Tabelle 4-9. Die Mehrkosten der einzelnen energetischen Standards werden entsprechend der prozentualen Gewichtung der Bauwerkskosten an den Errichtungskosten nach Tabelle 4-2 auf Seite 27 auf die Errichtungskosten umgerechnet.

⁶⁹ Walberg u.a. 2015, 72.

Energetischer Standard	Steigerung Bauwerkskosten (KG 300-400)	Steigerung Errichtungskosten (KG 200-700)	Mehraufwand der Errichtungskosten
WSchV 1995	93,5%	71,14%	-4,95%
EnEV 2014	100%	76,09%	0,00%
EnEV ab 2016	107,3%	81,64%	5,55%
EffH 70	111,2%	84,61%	8,52%
EffH 55	117,5%	89,41%	13,32%
EffH 40	126,3%	96,10%	20,01%

Tabelle 4-9 Darstellung der Bauwerkskosten (KG 300 und 400) für das Typenhaus^{MFH} der ARGE Kiel und Umrechnung des Mehraufwandes auf die Errichtungskosten

Die Preisanstiege in Tabelle 4-9 beziehen sich auf die Kostengruppen 300 (Bauwerk - Baukonstruktionen) und 400 (Bauwerk – Technische Anlagen). Ein Anstieg von 7% zwischen EnEV 2014 und EnEV 2016 bedeutet daher nicht, dass auch die Gesamtkosten für den höheren energetischen Standard auf 7% ansteigen. Der finanzielle Mehraufwand zum Erreichen des energetischen Gebäudeniveaus nach EnEV 2016 beträgt auf die Errichtungskosten bezogen 5,55%. Auf die Gesamtbaukosten bezogen würde sich das Verhältnis der Preissteigerung weiter verringern. Ein Vergleich mit anderen Studienergebnissen zeigt, dass sich die Kostensteigerungen für die Bauwerkskosten zwischen EnEV 2014 und KfW-EH 40 bei ca. 25% bewegen. Das entspricht der angegebenen Größenordnung nach Walberg u.a. Bezogen auf die Gesamtkosten (also unter Miteinbeziehung der Grundkosten), steigen die Mehrkosten um ca. 8% an.⁷⁰

Des Weiteren besteht bei jedem einzelnen Projekt ein erhebliches Optimierungspotential in den Bedarfsberechnungen des HWB, sofern Wärmebrücken einer detaillierten Betrachtung und Kalkulation unterzogen werden. Würde man dieses Potential nutzen, hätte dies eine Dämmstärkenreduktion der Außenbauteile zur Folge. Dieses Optimierungspotential findet sich aber nicht in der Studie von Walberg u.a. wieder (siehe dazu auch Kapitel 4.2.8).

⁷⁰ Vgl. Rongen u.a. 2015, 167.

- BERICHT DER BAUKOSTENSENKUNGSKOMMISSION (2015)

Unter anderem aufbauend auf den Studien des BMVBS (in dieser Arbeit im Kapitel 4.2.5.2 angeführt) beziffert der Bericht die Mehrkosten von der EnEV 2009 zur EnEV 2016 in den KG 300 und 400 mit 2,1 bzw. 3,3%. Bei haustechnischen Optimierungen sowie dem Ansatz von reduzierten Korrekturwerten bei Wärmebrücken liegen die Mehrkosten im Bereich von 0,7 bis 2,2%. Dabei sind für detaillierte Wärmeverlustberechnungen von Wärmebrücken höhere Planungskosten von ca. 1.000 € aufzuwenden. Diese würden sich aber in der Ausführung durch Einsparungen im fünfstelligen Eurobereich positiv gegenrechnen. Die geringeren Investitionskosten auf Basis einer detaillierten Wärmebrückenberechnung ermöglichen zudem kürzere Amortisationszeiten der Investitionen.⁷¹ Der Bericht schätzt mit der Verschärfung der EnEV 2016 das kostenoptimale Niveau im Wesentlichen als erreicht ein.⁷² Die Fragestellung einer Reduzierung der gesetzlichen Anforderungen als Gegenmaßnahme zu steigenden Wohnkosten wird ebenso von der Studie aufgegriffen. Dabei wird die interessante Gegenfrage gestellt, ob eine von vielen Seiten geforderte Senkung der Anforderungen Häuser produziere, die am Markt als nicht konkurrenzfähig einzustufen wären. Der Kostensenkungseffekt würde sich somit aufgrund der vorherrschenden marktbedingten Mechanismen gar nicht erst in vollem Ausmaß entfalten. Potentielle Mieter oder Käufer würden auf schon am Markt befindliche höhere Standards zurückgreifen, an denen sich Neubauten im Sinne der vom Markt geforderten Konkurrenzfähigkeit zu orientieren hätten.

Zum Thema der gesamtheitlichen Planung stellt die Studie fest, dass die EnEV verschiedene Möglichkeiten der Optimierung zulässt. Diese würden sowohl bautechnisch als auch anlagentechnisch durchführbar sein, setzt aber eine gewerkübergreifende Betrachtung des Gebäudes als Gesamt-System voraus. In einem abschließenden Statement hält die Studie fest:

„Letztendlich geht es bei der Senkung der Baukosten auch in die Kosten des Wohnens, d.h. es muss betrachtet werden, an welchen Stellen eine Senkung wirklich zu einer Kostenreduktion des Wohnens [...] führt.“⁷³

⁷¹ BMUB 2015, 75f und 79.

⁷² Ebda., 95.

⁷³ Ebda., 101f.

- BAUKOSTEN UND ENERGIEEFFIZIENZ (2017)

Neitzel konzentriert sich in seiner Studie explizit auf die Kostenentwicklung unterschiedlicher Energieeffizienzstandards. Neitzel beziffert die zusätzlichen Bauwerkskosten (KG 300 und 400) aufgrund von Verschärfungen der EnEV 2016 mit bis zu 3,3%. Kostenoptimierungen ermöglichen eine Reduktion auf 2,2%. Die Mehrkosten hängen unter anderem davon ab, ob die energetischen Werte über eine verbesserte Gebäudehülle oder aber mithilfe eines technischen Anlagekonzeptes erfüllt werden. Auch hier wird wieder darauf verwiesen, dass die Kosten erheblich streuen können.⁷⁴ Aber nicht nur die steigenden Anforderungen für Energieeffizienz seien ausschlaggebend für die Preissteigerung. Auch die Marktmechanismen, die des Öfteren einen höheren energetischen Standard als den der gesetzlichen Mindestanforderungen nachfragen, lassen den Ausführungsstandard steigen.⁷⁵ Eine konkrete Bezifferung des letztgenannten Einflussfaktors konnte in dieser Studie nicht gefunden werden.

4.2.5.2 Kostenermittlung mithilfe tatsächlich abgerechneter Projekte:

- UNTERSUCHUNG ZUR WEITEREN VERSCHÄRFUNG DER ENERGETISCHEN ANFORDERUNGEN AN GEBÄUDE MIT DER ENEV 2012 (2012)

Eine der meist rezipierten Studien der letzten Jahre zu diesem Thema ist der Bericht des deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) aus dem Jahre 2012.⁷⁶ In diesem Bericht wurde untersucht, ob weitere Verschärfungen der energetischen Anforderungen mit der Einführung der Energiesparverordnung 2012 für Wohngebäude wie Nicht-Wohngebäude wirtschaftlich vertretbar erscheinen. Als Ausgangspunkt der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen dienten die in Abbildung 4-3 angeführten Bauteilkosten.

⁷⁴ Neitzel 2017, 37-39.

⁷⁵ Ebda., 16.

⁷⁶ Im Weiteren werden in der Studie des BMVBS Ergebnisse anderer Studien, unter anderem der ARGE Kiel, zusammengefasst und analysiert. Daher wäre eine Nennung diese Studie auch unter der in Kapitel 4.2.5.1 genannten Rubrik denkbar gewesen. Da aber die in dieser vorliegenden Arbeit angeführten Bauteilkosten einer Analyse tatsächlich abgerechneter Projekte vorausging, wurde die Studie der BMVBS vom Autor dieser Arbeit in Kapitel 4.2.5.2 gelistet.

Bauteilkosten Außenwand (Wärmedämmverbundsystem)

U-Wert	[W/(m ² K)]	0,6	0,53	0,42	0,35	0,3	0,28	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15
Bauteilkoster	[€/m ²]	149	152	156	158	160	162	164	168	172	177	183	190

Bauteilkosten Schrägdach/Kehlbalkendecke

U-Wert	[W/(m ² K)]	0,37	0,31	0,27	0,24	0,21	0,2	0,19	0,18	0,17	0,12
Bauteilkoster	[€/m ²]	125	130	135	141	149	152	155	159	163	191

Bauteilkosten Flachdach

U-Wert	[W/(m ² K)]	0,57	0,44	0,36	0,31	0,27	0,23	0,21	0,2	0,19	0,12
Bauteilkoster	[€/m ²]	177	180	183	186	189	195	199	201	204	232

Bauteilkosten oberste Geschossdecke

U-Wert	[W/(m ² K)]	0,68	0,51	0,41	0,34	0,29	0,25	0,22	0,2	0,18	0,12
Bauteilkoster	[€/m ²]	137	139	141	144	148	154	159	164	169	190

Bauteilkosten Kellerdecke / erdreichberührte Bauteile

U-Wert	[W/(m ² K)]	0,75	0,55	0,49	0,43	0,39	0,36	0,35	0,33	0,3	0,28	0,26	0,2
Bauteilkoster	[€/m ²]	108	111	114	116	118	120	121	122	125	127	130	142

Bauteilkosten Fenster

U-Wert	[W/(m ² K)]	1,9	1,6	1,3	1,1	0,95	0,8
Bauteilkoster	[€/m ²]	230	234	251	274	301	336

Abbildung 4-3 Bauteilkosten in Abhängigkeit des U-Wertes

Bezüglich der Außenwand liegen nur Kosten für die Ausführung mit WDVS vor. Kosten für eine monolithische Ausführung wurden nicht angeführt. Die Studie spricht sich gegen eine Verschärfung der energetischen Mindestanforderungen für Wohnbauten der zum Zeitpunkt der Veröffentlichung geltenden EnEV 2009 aus.⁷⁷ Die höheren Investitionskosten würden sich nicht in einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren durch Einsparungen der Heizenergie gegenfinanzieren. Keine Aussagen liegen über die auf den Lebenszyklus entstehenden Kosten einer höheren energetischen Ausführung von Neubauten vor. Die Datensätze bauen auf aktualisierten Wirtschaftlichkeitsanalysen aus dem Jahr 2000 auf, bei derer 8 Wohngebäude und 2 Bürobauten untersucht wurden. Dabei wird nicht angegeben, auf welchem Wege die Aktualisierung der Daten erfolgt ist. Eine rein indexierte Preisanpassung der zu Grunde liegenden Daten von 2000 würde nicht die über die letzten Jahre auftretenden Optimierungen und Skaleneffekte in der Produktion von Bauteilen widerspiegeln. Niedrigere Marktpreise zu einem späteren Zeitpunkt nach 2000 würden von der in Abbildung 4-3 angegebenen Bauteilkosten nicht einfließen und darauf aufbauende Berechnungen somit verzerrt werden. Solche Produktionsoptimierungen bilden aber einen wesentlichen Kostenoptimierungsfaktor bei industriellen Fertigungsvorgängen (siehe dazu Studie von Von Manteuffel u.a. in Kapitel 4.2.5.2).

⁷⁷ BMVBS 2012, 42.

Bei der Sanierung bestehender Gebäude werden jedoch die Verschärfungen als wirtschaftlich vertretbar bewertet. Für die Bauteile Außenwand, Steildach und Geschoßdecke würden sich sogar noch höhere als die geplanten Verschärfungen amortisieren.⁷⁸

Abbildung 4-3 kann auch unter Annahme der Richtigkeit dargestellter Zahlenwerte von einem zweiten Standpunkt aus analysiert werden. Betrachtet man die Bauteilkosten für die Außenwand, so zeigt sich, dass eine Senkung des U-Wertes von 0,6 auf 0,15 zwar Mehrkosten von 27,5% zur Folge hat, aber der U-Wert um 75% gesenkt wurde. Für 1/3 an Kostensteigerung erhält man einen um 3/4 besseren U-Wert. Jeder der in Abbildung 4-3 aufgelisteten Bauteile weist unter dieser Betrachtungsweise ein positives U-Wert/Kosten – Verhältnis auf.

- ENERGIEEFFIZIENZ UND WIRTSCHAFTLICHKEIT (2013)

Eine auf den Wohnungsbestand der Gemeinnützigen Bauvereinigungen Österreichs (GBV) referenzierende Studie ist „Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit“ von Bauer aus dem Jahre 2013. Dabei wurden 321 Objekte hinsichtlich ihrer Investitions- und Betriebskosten analysiert, die sich im Bestand von Mitgliedern der GBV befinden. Die Einteilung der Objekte erfolge nach Bauperioden. Unter anderem wurden Daten zum tatsächlich abgerechneten Heizenergieverbrauch sowie der ausgestellte Energieausweis abgefragt.⁷⁹ Die Kategorisierung nach Perioden ermöglicht Vergleiche des tatsächlichen sowie errechneten Heizenergiebedarfs gleicher wie verschiedener Bauperioden. Bei der Analyse der Datensätze zeigt sich, dass der Energieverbrauch älterer Gebäude zwar erwartungsgemäß höher ist, die Unterschiede aber nicht im erwarteten Ausmaß auftreten. Zum einen bilden Energieausweise sowohl für energetisch bessere wie schlechtere Gebäude nur kalkulatorische Modellbildungen ab, die in ihren Annahmen Ungenauigkeiten aufweisen. Das betrifft vor allem die in der Kalkulation anzusetzenden Leitungsverluste.⁸⁰ Zum anderen steht das Bewohnerverhalten in starker Relation zum energetischen Zustand des bewohnten Gebäudes. Während Bewohner energetisch schlechterer Gebäude einen bedachteren Umgang mit der Heizenergie pflegen, brauchen Bewohner energetisch besserer Gebäude die Einsparungen infolge höherer Energiestandards durch

⁷⁸ Ebda., 86-88.

⁷⁹ Bauer 2013, 15f.

⁸⁰ Ebda., 26f.

ihr Benutzerverhalten wieder auf. Diese Verhaltensmuster werden mit den Begriffen „Prebound-Effekt“ für ersteres und „Rebound-Effekt“ für letzteres beschrieben.⁸¹ Das bedeutet, dass sich der energetische Verbrauch älterer Gebäude tendenziell unter dem kalkulierten Niveau der Energieausweise befindet, während er sich neuere Gebäude eher darüber bewegen.

Der Unterschied in den Baukosten + Nebenkosten beläuft sich lt. Bauer auf ca. 7% zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern (30-40 kWh/(m²a)). Dabei wurden bereits die Einflüsse von Regionalfaktor und jährlicher Preissteigerung bereinigt. Da die Preiseinsparung von Niedrigenergiegebäude zu Passivhaus 110 €/m² WNFL ergeben, wird das Niedrigenergiehaus als kostenoptimale Ausführungsvariante beschrieben.⁸² Einen wesentlichen Einflussfaktor für höhere Baukosten wird der Kompaktheit beigemessen. Zwischen Gebäuden mit einem A/V-Verhältnis <0,35 und >0,55 entstehen Kostenspannen von bis zu 250€/m².⁸³

Die Angabe der Mehrkosten für Passivhäuser deckt sich mit jener von Rongen u.a., die die zusätzlichen Investitionskosten für Passivhäuser unter Voraussetzung einer kompetenten Planung und Ausführung bei 3-8% beziffern.⁸⁴ Die Arbeitsgruppe für Ressourcenorientiertes Bauen der Universität für Bodenkultur in Wien, die ebenso wie Bauer Preise von gebauten Projekten verglich, gab den Mehraufwand der Errichtungskosten (KG 200-700) für Passivhäuser mit 4 bis 6% an. Die Studie analysiert, dass die Baukosten – ähnlich wie Bauer – eindeutig von der Größe und Kompaktheit der Wohnhausanlage abhängen.⁸⁵

Leider führt eine inkonsequente Begriffsverwendung in dieser Studie zu einer unklaren Definition der Kosten. Während die Studie auf Seite 6 überhaupt von „Gesamtbaukosten inkl. Nebenkosten“ spricht, wird auf Seite 38 die angegebene Kostensumme mit „reine Baukosten + Nebenkosten“ beschrieben. Ob der Begriff „Nebenkosten“ die Kostengruppe 700 (Baunebenkosten) lt. DIN 276 beschreibt, die den Leistungsgruppen 7 (Planungsleistungen) und 8

⁸¹ Vgl. Sunnika-Blank/Galvin 2012, passim

⁸² Vgl. Bauer 2013, 37f.

⁸³ Ebda., 38.

⁸⁴ Vgl. Rongen u.a. 2015, 41. Die Investitionskosten inkludieren dabei alle Kostengruppen (100 bis 700). Im Sinne einer Begriffsverwendung nach ÖNORM B 1801-1 kann hier also auch von Gesamtkosten gesprochen werden (siehe auch Rongen u.a. 2015, 167).

⁸⁵ Vgl. Treberspurg u.a. 2009, 94f.

(Projektnebenleistungen) lt. ÖNORM B 1801-1 entspricht, oder nur die Leistungsgruppe 8 der Projektnebenleistungen beinhaltet, kann daher nicht nachvollzogen werden. Da aber vor allem die Architekten- und Ingenieurleistungen zu rund 2/3 in die Baunebenkosten (KG 700) einfließen⁸⁶ und damit den wesentlichsten Anteil darstellen, wäre eine weiter gefasste Begriffsbeschreibung von „Nebenkosten“ analog zur DIN aus Sicht des Autors dieser Masterarbeit folgerichtig.

Die im Zuge der Studie erhobenen Betriebskosten ermöglichte eine über die Herstellungsphase hinausgehende wirtschaftliche Beurteilung der Gebäude. Dabei zeigten sich vor allem erhöhte Wartungskosten bei Gebäuden mit Lüftungsanlagen. In Abhängigkeit vom Gebäudetypus ergaben sich Mehrkosten von 3-12ct/m² WNFL und Monat netto zuzüglich etwaiger Reinigungskosten für Anlagen nach 3-6 Jahren, wobei vor allem bei Passiv- und Niedrigenergiehäusern die höheren Kostenanteile zu verbuchen waren. Die auftretenden Kosten standen auch in Abhängigkeit des eingebauten Lüftungssystems.⁸⁷

- PREISENTWICKLUNG UND GEBÄUDEEFFIZIENZ (2014)

Während sich die bis jetzt angeführten Studien mit einem allgemeinen Anstieg der Bau- und/oder Nebenkosten beschäftigt haben, untersuchten Von Manteuffel u.a. den kostenbereinigten Preisanstieg einzelner Bauteile in den Jahren 1990 bis 2014. Dabei wurden neben dem BKI und einschlägiger Fachliteratur Daten von Leistungsverzeichnissen des Architekturbüros „Schulze Darup und Partner Architekten“ und angefragte Herstellerinformationen verwendet. Zur Analyse wurden folgende 5 Bauteile exemplarisch näher untersucht.⁸⁸

- Monolithische Außenwand aus Porenbeton
- Außenwand Kalkstein mit WDVS
- Satteldach
- Fenster
- Heizungspumpen

⁸⁶ Vgl. BMUB 2015, 21.

⁸⁷ Vgl. Bauer 2013, 35.

⁸⁸ Von Manteuffel u.a. 2014, 6.

Für alle betrachteten Bauteile konnte ein Preisrückgang bei gleichzeitig steigender energetischer Effizienz nachgewiesen werden. So kostet beispielsweise jeder Zentimeter mehr Dämmung bezogen auf 1m² Konstruktionsfläche bei Wänden mit 24cm statt 16cm Dämmstärke 0,88 €/m². Bei Dämmstärken bis 30cm beträgt der Unterschied pro Zentimeter 0,92 €/m². Die Mehrkosten pro Zentimeter und m² Konstruktionsfläche bei Dachdämmungen liegen bei ca. 1,00 €/m² für Dämmstärken von 36cm statt 20cm. Die deutlichste Preissenkung ist bei Kunststofffenstern zu beobachten, wobei vor allem die Serienfertigung von Fenstern einen kostensenkenden Effekt hatte.

Abbildung 4-4 zeigt die Preisentwicklung des Bauteils Fenster für verschiedene U-Wert-Kategorien. Von Manteuffel u.a. merken an, es sei vor allem am Bauteil Fenster erkennbar, wie gestiegene Anforderungen an den Wärmeschutz als Initialzündung für Innovationen erhebliche preisliche Vorteile für den Bauherren ermöglicht haben.⁸⁹

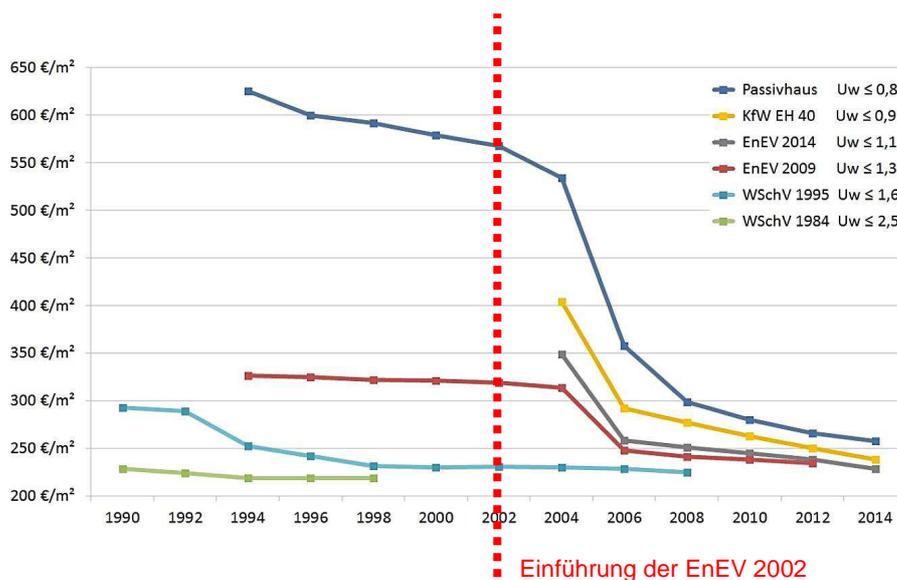


Abbildung 4-4 Preisentwicklung Fenster inkl. MwSt. für Deutschland in [€/m²]

Der Preisunterschied zwischen einem Fenster mit einem U_w-Wert von 0,8 W/m²K und einem Fenster mit einem U_w-Wert von 1,1 W/m²K beträgt demnach nur mehr noch 25 bis 45 Euro/m².⁹⁰

⁸⁹ Ebda., 8-11.

⁹⁰ Rongen u.a. 2015, 165.

Vor allem die Optimierung der industriellen Produktionskette bei der Herstellung kann als wesentlichster Einflussfaktor für die preislich positive Entwicklung des Fensterbauteils gesehen werden. Immer gleiche Produktionsabläufe und das Einstellen eines Skaleneffekts minimieren Fixkosten und ermöglichen günstige Marktpreise.

Des Weiteren stellt die Studie ergänzend einen Vergleich von Mehraufwendungen verschiedener energetischer Ausführungsstandards hinsichtlich Investitions- und Betriebskosten gegenüber. Die Betrachtungen werden anhand eines „charakteristischen Gebäudes“ am Beispiel einer neuzubauenden Doppelhaushälfte durchgeführt.⁹¹ Die preisbereinigten Mehrkosten zwischen der 1990 gültigen WSchV und der EnEV 2014 betragen 2%, zwischen EnEV 2002 und EnEV 2014 1%. Zur Erreichung des Passivhausstandards betragen die Mehrkosten im Vergleich zur EnEV 2014 ca. 7%, für Plusenergie-Varianten mit optimierter Gebäudetechnik ca. 10%.⁹²

Es ist darauf hinzuweisen, dass ein Vergleich mit der Tabelle 4-9 von Walberg u.a. nur eingeschränkt möglich ist. Während sich Von Manteuffel u.a. bei Preissteigerungen auf Gesamtbaukosten nach eigener Definition beziehen, zeigen Walberg u.a. nach eigenen nur Preissteigerungen in den Kostengruppen 300 und 400.⁹³

Aufbauend auf die Studienergebnisse von Von Manteuffel u.a. stellten Rongen u.a. eine Grafik der Preisentwicklung der fünf oben genannten Bauteile zusammen. Zusätzlich untersuchten Rongen u.a. die bereinigte Preisentwicklung von Photovoltaikerelementen. Dabei zeigt sich auch die Photovoltaik ein Preisrückgang aufgrund der Weiterentwicklungen in der Produktionstechnik von 60% seit 2014.⁹⁴

4.2.5.3 Zusammenfassende Studienübersicht:

Tabelle 4-10 zeigt eine Übersicht aller zum Wärmeschutz aufgelisteter Studien mit jeweiliger Datenbasis und Grundaussage.

⁹¹ In der rezipierten Studie geht nicht hervor, ob es sich dabei um ein tatsächlich umzusetzendes Projekt handelt, oder ob die Vergleichsbetrachtung analog zu anderen Studien mithilfe eines selbst definierten Typenhauses stattfindet. Daher geht der Autor dieser Arbeit von letzterem aus. Die Einreihung dieser Studie in Kapitel 4.2.5.2 erfolgt aufgrund der Kostenanalyse der Bauteile tatsächlich gebauter Projekte und nicht der nachfolgenden Betrachtung des Doppelhauses.

⁹² Von Manteuffel u.a. 2014, 17f.

⁹³ Wobei die Aufschlüsselung in Tabelle 4-9 trotz gegenteiliger Angabe der Autoren nicht nach der DIN 276 erfolgt.

⁹⁴ Rongen u.a. 2015, 33.

	DATENBASIS	VERGLEICH	Kostenkat.	Mehrkosten
BMVBS 2012	Verschiedene Studien; u.a.: Tatsächliche Kosten nach Maas/Hauser 2000 (aktualisiert)	EnEV 2009 und EnEV 2012	Bauteilkosten	Aufgrund ungenügender Erläuterungen zum Begriff „Aktualisierung“ der Daten aus dem Jahr 2000 nicht friktionsfrei bezifferbar
Bauer 2013	Neubau- und Investitionskosten tatsächlich abgerechneter Projekte versch. Bauperioden	Bauprojekte von vor 1945 bis nach 2006 (Einteilung in Bauperioden)	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Baukosten + Nebenkosten ▸ Betriebskosten 	Bereinigter Preisunterschied zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern 7% Diese Größenordnung deckt sich auch mit anderen Ergebnissen div. anderer Studien
Ecofys 2014	<ul style="list-style-type: none"> ▸ LV Archbüro Schulze- Darup u Partner (1990- 2014) ▸ BKI (2005-2014) ▸ Herstellerinformation ▸ div. Baukostenbücher 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ <u>1. Teil:</u> Preissteigerung von Bauteilen ▸ <u>2. Teil:</u> Gebäudeuntersuchung 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ <u>1. Teil:</u> Bauteilkosten ▸ <u>2. Teil:</u> Gesamtbaukosten 	<p>bereinigte Preissteigerung von WSchV 1982 zu EnEV 2014: 2% (f. Gesamtbaukosten);</p> <p>Mehrkosten EnEV 2014 zu Passivhaus-Variante: 7% (f. Gesamtbaukosten)</p>
ARGE Kiel 2015	Typengebäude ^{MFH} der ARGE Kiel	Analyse versch. preissteigernder Faktoren Betr. Wärmeschutz: Vergleich verschiedener energetischer Standards	<ul style="list-style-type: none"> ▸ KG 300 ▸ KG 400 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ WSchV 1995 zu EnEV 2014: 6,5% (f. KG300-400) ▸ EnEV 2014 zu EnEV 2016: 7,3% (f. KG300-400) ▸ EnEV 2014 zu Effh 40: 26,3% (f. KG300-400)
BMUB 2015	Verweist auf die o.a. Studie des BMVBS (2012) sowie einer Ergänzungsuntersuchung (2012) zur o.a. Studie; Verweist auch auf Studie der InWis (2015)	EnEV 2009 und EnEV 2016	<ul style="list-style-type: none"> ▸ KG 300 ▸ KG 400 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mehrkosten MFH: 2,1- 3,3% (f. KG300-400) ▸ bei bautechn. Optimierungen: 0,7-2,2% (f. KG300-400)
Neitzel 2017	Verweist auch auf Studie der ARGE Kiel (2015)	Datengrundlage der ARGE Kiel	<ul style="list-style-type: none"> ▸ KG 300 ▸ KG 400 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mehrkosten MFH: 2,1- 3,3% (f. KG300-400); ▸ f. MFH kann es zu Mehrkosten aber auch zu geringeren Investitionskosten kommen;

Tabelle 4-10 Übersicht der rezipierten Studien mit deren Kostenauswertung zum Thema Wärmeschutz

In der Analyse der angeführten Studien fällt auf, dass Verschärfungen der zum jeweiligen Zeitpunkt gültigen rechtlichen Rahmenbedingungen als wirtschaftlich nicht rentabel eingestuft werden. Der Bericht des BMVBS von 2012 bewertet die EnEV 2009 als maximal wirtschaftlich, wo hingegen Walberg u.a. im Jahr 2015 anmerken, dass „mit dem Anforderungsniveau der EnEV 2014 die Grenze der wirtschaftlichen Vertretbarkeit [...] erreicht“ sei.⁹⁵ Der Bericht des BMUB aus dem Jahre 2015 bewertet die Verschärfungen der EnEV 2016 als „kostenoptimales Niveau“.⁹⁶

4.2.6 Lebenszykluskostenbetrachtung

Kostenermittlungen beziehen sich auf einen Zeithorizont, der mit der Fertigstellung des Gebäudes endet. Eine finanziell positive Bewertung innerhalb dieses Zeitraumes bildet momentan die wichtigste Entscheidungsgrundlage für oder gegen einen Projektstart. Über die Errichtungsphase hinausgehende Kostenbewertungen werden zum momentanen Zeitpunkt noch nicht als Entscheidungsgrundlage einer Projektierung miteinbezogen. Dabei werden gerade in der Bau- und Planungsphase die wichtigsten Rahmenbedingungen für eine kostenoptimierte Umsetzung eines Projektes in dessen Lebenszyklus definiert. Abbildung 4-5 zeigt den Kostenvergleich zwischen konventioneller und lebenszyklusoptimierter Planung über die Lebensdauer eines Gebäudes.

⁹⁵ Walberg u.a. 2015, 40.

⁹⁶ BMUB 2015, 95.

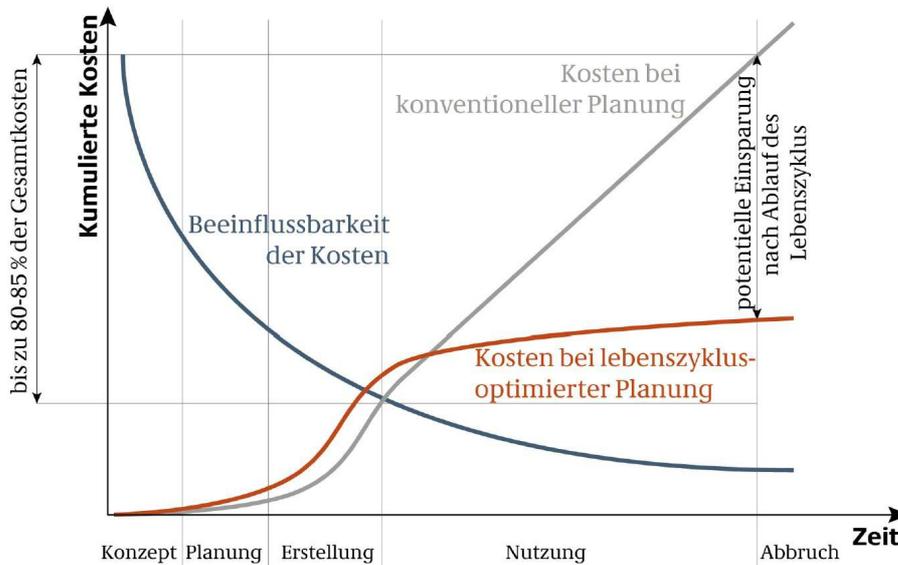


Abbildung 4-5 Kostenvergleich einer konventionellen mit einer lebenszyklusoptimierten Planung eines Gebäudes in Abhängigkeit der Zeit

Im Sinne einer nachhaltigen Betrachtung müssen Kosten/Nutzen-Rechnungen hinsichtlich der Rentabilität von Mehraufwendungen durchgeführt werden.⁹⁷ Gibt man der Reduktion der Errichtungskosten eine höhere ökonomische Wertigkeit als die Verringerung von Lebenszykluskosten, so führt dies beispielsweise zu einem anderen Ergebnis hinsichtlich einzusetzender Baustoffe. Da aber Errichtungskosten 20-30% der finanziellen Gesamtaufwendungen über den Zeitraum von 50 bis 80 Jahren im Lebenszyklus ausmachen,⁹⁸ sollte eine Kostenbewertung über den Betrachtungszeitraum der Errichtung hinausgehend erfolgen. Eine Kostenanalyse, die zeitlich auf die Bauphase eingeschränkt ist, kann aus nachhaltiger (also auch aus ökonomischer) Sicht nicht zielführend sein.

⁹⁷ Mit einer „nachhaltigen Betrachtung“ versteht der Autor dieser Arbeit ein Miteinbeziehen ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte eines Themenfeldes. Wird nur ein Teilaspekt – beispielsweise jener der Ökonomie – negativ bewertet, so gilt das gesamte Themenfeld als nicht mehr nachhaltig.

⁹⁸ Ibel 2017, 120.

„Festlegungen zur energetischen Qualität von Gebäuden haben einen erheblichen Einfluss auf die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit. Betroffen sind sowohl die Zahlungsflüsse im Lebenszyklus des Gebäudes als auch die Wertermittlung und Wertentwicklung.“⁹⁹

Die Lebenszyklusbetrachtungen beschränken sich dabei nicht auf einzelne Bauteile, sondern auf das Gebäude als Gesamtsystem.

Messari-Becker analysierte im Zuge einer Fallstudie verschiedene Außenwandaufbauten eines Wohnbaus mit ca. 50 Wohneinheiten in Passivhausstandard hinsichtlich deren Kosten- und Umwelteffekte. Dazu wurden drei verschiedene Aufbauten untersucht: Ziegelmauerwerk mit WDVS, Stahlbeton mit WDVS und eine monolithische Bauweise aus Ziegel. Die Schichtdicken bei den mehrschichtigen Aufbauten betragen für die tragenden Bauteile maximal 20cm und für die Wärmedämmung 24cm, und 49cm bei der monolithischen Bauweise. Mithilfe einer CO₂-Bilanzierung wurden die Wandaufbauten auf ihre ökologischen Auswirkungen hin bewertet. Bei derer zeigte sich erwartungsgemäß die Stahlbetonvariante aufgrund ihres hohen Zementanteils als die schlechteste. Die monolithische Bauweise schnitt dabei mit ca. 26% weniger kgCO₂-äqu./m²_{AW} gegenüber der Stahlbetonvariante am besten ab. Anhand einer vereinfachten Lebenszykluskostenanalyse (ohne Diskontierung und Zinseffekte) auf 100 Jahre erwies sich die monolithische Bauweise um knapp 46% günstiger gegenüber dem Wandaufbau aus Stahlbeton und WDVS, und um ca. 33% günstiger gegenüber der Variante mit Ziegel und WDVS. Unter der Mitberücksichtigung von Diskontierungs- und Zinseffekten würde das Ergebnis noch deutlicher zu Gunsten der monolithischen Bauweise ausfallen. Die höheren Herstellungskosten der monolithischen Bauweise werden durch zweimalige Erneuerung des WDVS im betrachteten Zeitraum kompensiert.¹⁰⁰

Eine Bewertung der Lebenszykluskosten steht in starker Abhängigkeit des betrachteten Zeitraums. Eine Analyse auf 80 Jahre würde die Variante Ziegel mit WDVS unter der Annahme einer Lebensdauer von über 40 Jahren als ökonomisch kostengünstigste darstellen.¹⁰¹ Da aber Angaben Werte zur Lebensdauer von WDVS in Abhängigkeit der zitierten Quellen um den Zeitraum von 40 Jahren

⁹⁹ Wagner/Lützkendorf 2013, 38.

¹⁰⁰ Messari-Becker 2013, 52f.

¹⁰¹ Guttenbrunner 2015, 86.

stark streuen,¹⁰² würde eine Annahme der Lebensdauer von unter 40 Jahren zwei Sanierungen des WDVS zur Folge haben. Eine rein ökonomische Bewertung verschiedener Wandaufbauten könnte dann wieder zu Gunsten einer monolithischen Variante ausfallen. Der BKI bewertet die Lebensdauer einer WDVS bestehend aus Anstrich, Standardputz und Polystyrolämmplatten mit 27 bis 49 Jahren, im Mittel aber mit 40 Jahren.¹⁰³ Luik gibt für die technische Nutzungsdauer von WDVS-Fassaden überhaupt nur 15 bis 20 Jahre an, wobei fachgerecht ausgeführte und instandgehaltene WDVS-Fassaden auch ein Menschenleben lang schadenfrei bestehen könnten. Entscheidend seien Produktqualität, Verarbeitung und Instandhaltung.¹⁰⁴

Bei einer kombinierten Bewertung von sowohl ökonomischen als auch ökologischen Kriterien schneiden monolithische Bauweisen schon zum jetzigen Zeitpunkt am besten ab. Vor allem das geringere Ozonbildungspotential und der geringere Primärenergiebedarf in der Herstellung sind dafür die ausschlaggebenden Parameter.¹⁰⁵

4.2.7 Wärmeschutz bei Sanierung von Bestandsobjekten

Bestandsbauten bilden das größte Potential an Energieoptimierung im Gebäudesektor. In Deutschland werden zurzeit viermal mehr Sanierungen als Neubauprojekte durchgeführt.¹⁰⁶ Die Amortisation von Sanierungsmaßnahmen im Bestand ist in noch größerem Maße abhängig von den baulich bestehenden Gegebenheiten. Für beispielsweise größere Mehrfamilienwohngebäude mit bereits bestehendem Wärmeschutz von 4cm Dicke und mehr, und einem kompakten A/V-Verhältnis treten keine nennenswerten Einsparungen durch zusätzliche Wärmeschutzmaßnahmen auf. Deshalb bedürfen vor allem Projekte ab den 1970er-Jahren, wo bereits erhöhte Wärmeschutzstandards umgesetzt werden mussten, einer genauen Berechnung der Einsparungspotenziale.¹⁰⁷ Für Gebäude mit einem höheren A/V-Verhältnis können energetische Maßnahmen aufgrund der geometrisch ungünstigeren Kubaturverhältnisse sich wieder als wirtschaftlich sinnvoll herausstellen.

¹⁰² Ritter 2011, 109.

¹⁰³ BKI 2015a, 86.

¹⁰⁴ Luik 2015, 135.

¹⁰⁵ Guttenbrunner 2015, 82.

¹⁰⁶ Vgl. Schittich 2013, 27.

¹⁰⁷ Vgl. Zöllner 2015, 46-48.

4.2.8 Analyse der Studienergebnisse

Die Aussagen der einzelnen Studien divergieren in Abhängigkeit des jeweiligen Argumentationszieles. Ein direkter Vergleich der Studien vor allem zu den Aussagen der Preisentwicklung fällt insofern schwer, als dass sich jede Studie auf eine unterschiedliche Preisbasis bezieht. Die Analyse der Preisänderungen in den Bauwerkskosten (KG 300 und 400) ist eine wichtige und richtige Vorgehensweise, kann aber nicht den letzten Schritt in einer gesamtumfänglichen Kostenanalyse darstellen. Es empfiehlt sich beim Vergleich verschiedener Studien herauszuarbeiten, welche Kosten in welche Kostengruppe eingerechnet wurden. Fallweise werden trotz explizitem Hinweis auf die Analyse der Bauwerkskosten KG 300 und 400 andere Kostengruppen (wie beispielsweise der Ausstattung KG 600) miteingerechnet. Bezieht man die Mehraufwendungen auf die Errichtungs- oder Gesamtkosten, so verringert sich der prozentuale Anteil der Mehrkosten für höhere Standards.

Oft wird argumentiert, dass der jeweils momentan gültige Standard schon ein ökonomisches Optimum darstellt und weitere Verschärfungen eigentlich nicht mehr wirtschaftlich tragbar seien. Diese Argumentation steht immer in zeitlicher Verbindung zu geplanten Verschärfungen energetischer Standards. Dabei ist diese Argumentation nicht neu. „Schon 1995 waren sich viele Experten einig, dass die damalige Novellierung der Wärmeschutzverordnung der Endpunkt der Entwicklung sein müsse. [...] Möglich war diese Entwicklung nur durch stetige Innovation rund um das energieeffiziente Bauen.“¹⁰⁸ Diese Innovationen führten zu einer Rationalisierung der Produktionskette für industriell gefertigte Bauteile, die sich durch erhebliche Preissenkungen niederschlugen. Auch der BKI stellt fest, „dass energetisch bedingte Kostensteigerungen durch Rationalisierungseffekte größtenteils kompensiert werden.“¹⁰⁹

Es zeigt sich aber auch, dass die Verschärfungen der Mindeststandards eigentlich nur ein „Nachziehen“ der aktuell ausgeführten Baustandards ist. Aufgrund der vorherrschenden Marktsituation und den technischen Möglichkeiten übertreffen Gebäude in der Regel die gesetzlichen Anforderungen zur Energieeffizienz. Auch Walberg u.a. beziehen sich in ihrer Studie aus dem Jahr 2015 schon auf die EnEV 2016, da diese schon vor ihrer

¹⁰⁸ Von Manteuffel u.a. 2014, 2.

¹⁰⁹ BKI 2015, 8.

Einführung die gängige Baupraxis widerspiegelt.¹¹⁰ Auch Paulitsch weist darauf hin, dass „im Geschloßwohnungsbau die Auflagen im Bereich des Wärmeschutzes bei weitem übertroffen werden.“¹¹¹

Energetische Bewertungen nach der für den deutschen Raum gültigen EnEV ermöglichen die Reduktion des Kalkulationsaufwandes der Energieverluste durch Wärmebrückenzuschläge. Dabei könnte durch eine detaillierte Berücksichtigung der Wärmebrücken die Dämmstärke bei gleichbleibendem Ausführungsniveau erheblich reduziert werden (wie im Bericht der Baukostensenkungskommission angeführt). Planerische Mehraufwendungen amortisieren sich so durch Einsparungen in der Ausführungsart.

Willems/Schild stellen ergänzend fest, dass sich anfänglich kalkulierte Dämmstärken für den Neubau eines KfW-40-Hauses von 35cm mit Pauschalzuschlägen nach detaillierter Kalkulation der Wärmebrücken auf 16cm reduzieren lassen. Die zusätzlichen Planungskosten sind beginnend bei 400€ (mithilfe von Wärmebrückenatlanten) bis 3500€ (numerische und individuelle Berechnung aller Wärmebrücken) angegeben.¹¹² Dieses Beispiel bestätigt die Annahme des BMUB, dass es vor allem in der tatsächlichen Umsetzung von Projekten noch einen bedeutenden Optimierungsspielraum in der Planung mithilfe des Referenzgebäudeverfahrens gibt.¹¹³

Die energetische Bewertung von Gebäuden mithilfe der sich ergänzenden Parametern Gebäudehülle und Anlagentechnik ermöglicht mehrere Wege zum Erreichen energetischer Zielsetzungen. Jeder dieser Wege ist auf seine ökonomische Tragweite hin zu untersuchen. Dieser ausführungsneutrale Bewertungsansatz der EnEV ermöglicht durch eine gezielte Planung ein Nivellieren der Mehrkosten in Richtung der kostenoptimalsten Variante.

Der Planung der Anlagentechnik wird dabei von immer größerer Bedeutung. Momentan marktdominierend sind verschiedene Systeme für Wohnraumlüftungen, die einen kontrollierten Austausch der Raumluft ohne große Wärmeverluste ermöglichen. Immer mehr werden auch multivalente Energieversorgungen in der Gebäudetechnik ausgeführt. Im Forschungsobjekt B10 in Stuttgart wurden beispielsweise sowohl Photovoltaik-Thermie-Module (PVT-Module), ein Eisspeicher und auch eine Wärmepumpe installiert.

¹¹⁰ Vgl. Walberg u.a. 2015, 68.

¹¹¹ Paulitsch 2017, 121.

¹¹² Vgl. Willems/Schild 2013, 449f.

¹¹³ Vgl. BMUB 2015, 79.

Über ein hoch entwickeltes Haustechniksystem ist es möglich, die über die PVT-Module gewonnen Wärme bedarfsorientiert und in Abhängigkeit der Jahreszeit zu nutzen. Erreicht die PVT-Anlage im Sommer über 50°C wird die erzeugte Wärme zur Warmwasseraufbereitung genutzt. In der Übergangszeit, bei einem Temperaturniveau von ca. 30°C, kann die erzeugte Wärme bei Heizbedarf in die Flächenheizung eingespeist werden. Das niedrige Temperaturniveau während den Wintermonaten von ca. 5°C wird zur Energiequelle für die Wärmepumpe genutzt. Die miteinander gekoppelten Vorgänge können auch zur Gebäudekühlung verwendet werden.¹¹⁴ Ein zweiter wesentlicher Bestandteil des Forschungsprojektes ist eine Software, welche das jeweilige Nutzerverhalten analysiert und die Gebäudetechnik entsprechend steuert. Der Beitrag zur Energieeinsparung einzelner Gebäude wird somit von rein passiven Maßnahmen wie einer Wärmedämmung hin zu aktiv gesteuerten Maßnahmen (Reduktion des HWB bei leerstehendem Gebäude) weiterentwickelt.¹¹⁵ Inwieweit sich eine vollautomatisierte computerunterstützte Steuerung der Gebäudetechnik auf Basis eines selbstlernenden Algorithmus am Markt durchsetzt, wird letztendlich von der Akzeptanz der Endnutzer abhängig sein. Derzeit ist eine solche selbstlernende Gebäudeautomation in diesem Umfang wohl noch in der Erprobungsphase und daher nicht marktreif. Auf jeden Fall bietet es aber einen interessanten Ausblick auf mögliche zukünftige Entwicklungen im Gebäudesektor.

Die Kalkulation energetischer Einsparungen basiert auf Modellberechnungen, die oftmals andere Werte liefert als die in der Realität gemessenen. Der Heizenergieverbrauch von Gebäuden in einem energetisch schlechteren Bauzustand liegt oft unterhalb des kalkulierten Wertes (Prebound-Effekt), wohingegen Gebäude mit einem niedriger kalkulierten Energieverbrauch mehr Energie benötigen als vorab errechnet (Rebound-Effekt). Die Spanne zwischen kalkuliertem und tatsächlichem Energieverbrauch nimmt dabei bei Gebäuden mit niedriger kalkuliertem Energieverbrauch ab. Eine Ergebnisauswertung verschiedener Monitorings zeigte, dass Passivhäuser mit neuen Heizungssystemen dabei öfter innerhalb ihres kalkulierten energetischen Verbrauchs liegen als alle übrigen Gebäudeklassifizierungen.¹¹⁶ Das bedeutet: Je energieeffizienter ein Gebäude ist, desto näher liegen kalkulierter und tatsächlich

¹¹⁴ Henelein 2015, 78-80.

¹¹⁵ Ebda., 16 und 87.

¹¹⁶ Vgl. Sunikka-Blank/Galvin 2012, 265.

verbrauchter HWB beieinander. Dem Planer sollte trotzdem bewusst sein, dass bei Berechnungen des energetischen Verbrauchs das individuelle Nutzerverhalten eine wesentliche Rolle spielt, die in die Modellbildung schwer zu implementieren ist.

Den wohl entscheidensten aber gleichzeitig auch am schwierigsten zu bewertenden Faktor stellt die über die Errichtungsphase hinausgehende Kostenbewertung eines Projektes dar. Zum einen existiert noch kaum ein Bewusstsein bei Investoren und Bauherren, dass verwendete Materialien in einem ganzheitlichen Rohstoffzyklus, und damit inklusive Abbruch- und Entsorgungskosten zu bewerten sind. Zum zweiten handelt es sich beim Finanz- oder Energiemarkt um ökonomisch volatile Märkte, die eine Einschätzung zukünftiger Entwicklungen erheblich erschweren. Im Falle des Finanzmarktes können bereits tagesaktuelle Geschehnisse die Entwicklung positiv wie negativ leiten. Und auch die Entwicklung des Energiemarktes ist in einem globalpolitischen Kontext eingebettet. Durch das Pariser Klimaabkommen 2015 verpflichteten sich 195 Staaten, die Erderwärmung auf unter 2°C zu begrenzen. Dies hat zur Folge, dass lediglich 1100 Gigatonnen CO₂ bis 2050 emittiert werden dürfen. Das entspricht 1/10 des zur Verfügung stehenden CO₂-Potentials fossiler Ressourcen. „Bei einer Verringerung der Nachfrage nach fossilen Brennstoffen bleiben nach marktwirtschaftlichen Überlegungen die Preise für Rohstoffe wie Öl, Gas oder Kohle auf niedrigem Niveau.“¹¹⁷ Ob, und wenn ja inwieweit, niedrig bleibende Rohstoffpreise fossiler Energieträger die Nachfrage für erneuerbare Energien bremst ist nicht zuletzt vom weiteren politischen Agieren abhängig. Für eine Kostenbewertung, die beispielsweise den zukünftigen Barwert einer heute getätigten Investition ermittelt, stellt dies auf jeden Fall einen großen Unsicherheitsfaktor dar.

Trotz dieser Schwierigkeit in der Abschätzung zukünftiger Wertentwicklungen führen Ermittlungsverfahren, die den Wert einer aktuellen Investition einem zukünftigen Wert gegenüberstellen, mitunter zu anderen Entscheidungen als jene Kostenbewertungen, die rein auf Basis der Errichtungskosten ermittelt werden. In Zukunft werden Nachhaltigkeitsaspekte trotz möglicher niedriger fossiler Rohstoffpreise höchstwahrscheinlich eine noch größere Rolle spielen als sie dies heute tun. Im Sinne einer gesamtheitlichen und zukunftsorientierten Kostenbewertung erscheint es sinnvoll, vor allem diesem Aspekt, auch wenn er in Teilen noch einen Zukunftstrend darstellt, größere Beachtung zu schenken.

¹¹⁷ Oswald 2016, 21f.

4.2.9 Exkurs zum Thema WDVS:

Die Diskussion zum Thema des baulichen Wärmeschutzes wird vermehrt von intensiven Diskussionen zum Thema der Fassadendämmung begleitet. Immer wieder tritt die Frage in den Vordergrund, inwieweit Wärmedämmverbundsysteme, und hier vor allem Ausführungen mit expandiertem Polystyrolschaum (EPS), nachhaltig zu bewerten seien. Hauptsächlich entscheidend für die Marktdominanz von EPS ist vor allem die preisgünstigere Herstellung bei gleichzeitig hoher Wärmedämmfähigkeit, weshalb EPS bei gut dreiviertel der Wärmeschutzmaßnahmen ausgeführt wird.¹¹⁸ Die Gründe für eine negative Beurteilung sind unter anderem der Basisbestandteil Erdöl in der Herstellung bei EPS-Platten, die Frage der (wirtschaftlich sinnvollen) Rezyklierbarkeit beziehungsweise überhaupt die grundsätzliche Möglichkeit der stofflichen Trennung einzelner Komponenten, der Algenbefall an Außenwänden oder der Schimmelbefall an Innenwänden, die Frage des Brandwiderstandes und einige mehr. Auch über die Einschätzung der Lebensdauer für WDVS gibt es verschiedene Aussagen (siehe dazu auch Kapitel 4.2.6).

Ein Argument für oder gegen die Verwendung eines WDVS ist, ob und in welchem Zeitraum sich die zur Herstellung der Dämmung benötigte Energie wieder durch Einsparungen der Heizenergie gegenrechnet. Die energetische Amortisationszeit beträgt bei WDVS zwischen 6 Monaten und 2 Jahren,¹¹⁹ welche prinzipiell für den Einsatz von WDVS spricht. Die Verklebung der Dämmplatten mit dem Rohbau stellt aber aus bautechnischer Sicht das Problem der sortenreinen Trennung beim Rückbau dar. Die gängigste Variante der Entsorgung von EPS ist die „thermische Verwertung“. Dabei wird die in der Herstellung durch Erdöl gebundene Energie in einem Verbrennungsvorgang freigesetzt. Zwar wurden mittlerweile Lösungen entwickelt, die ein stofflich getrenntes Recycling ermöglichen. Aufgrund der bisweilen geringen Ausführung und der vergleichsweise neuen Technologie sind diese Verfahren noch unwirtschaftlich.¹²⁰ Es ist aber zu erwarten, dass eine zukünftig verstärkte Nachfrage nach einer sortenreinen Trennung die preisliche Marktsituation im Vergleich zu einer thermischen Verwertung zugunsten einer nachhaltigeren Lösung im Sinne eines sortenreinen Recyclings verschieben wird.

¹¹⁸ Vgl. Zöllner 2015, 40.

¹¹⁹ Vgl. Schittich 2013, 26.

¹²⁰ Ebd., S.28

Der Algenbewuchs von Fassaden bildet mehr einen optischen als einen technischen Mangel. Solange diese Fassaden nicht über die komplette Dämmdicke durchfeuchtet sind und damit den Wärmedurchgangskoeffizienten durch den anteiligen Wasserbestandteil negativ beeinflusst, bieten sie nach wie vor einen ausreichenden Transmissionswiderstand. Auffallend oft tritt ein Algen- und Pilzbefall bei WDVS auf, die mit Dünnputzsystemen ausgeführt sind. Die fehlende Speichermasse von Dünnputzen und die kältere Oberflächentemperatur aufgrund der verminderten Wärmetransmission durch hochgedämmte Außenwände führen zu einem raschen Auskühlen der Putzschicht in den kühleren Spätsommernächten. Die wärmere Außenluft, die dann an den ausgekühlten Außenoberflächen vorbeiströmt, gibt aufgrund der geringeren Wasserdampfaufnahmefähigkeit der Luft bei kühleren Temperaturen die zuerst als Wasserdampf gespeicherte Feuchtigkeit in Form von Tauwasser an die Außenwandoberflächen ab. Begünstigt werden Algen- und Pilzbewuchse durch standortabhängige Randbedingungen wie Wassernähe oder Bauen am Waldrand, die eine erhöhte Luftfeuchtigkeit und eine höhere Sporendichte in der Umgebungsluft aufweisen.¹²¹

Eine Strategie zur Verhinderung von Pilz- und Algenbewuchs bietet der Einsatz von wasserlöslichen Fungiziden, die den Systemdünnputzen beigemischt werden. Die Wasserlöslichkeit bedingt ein Auswaschen der Fungizide, weshalb WDVS-Fassaden eigentlich immer wieder von neuem mit fungiziden Anstrichen versehen werden müssen. Ohne weitere Instandhaltungsmaßnahmen bieten diese Fungizide Schutz für maximal 5 Jahre. Da sich die ausgewaschenen Fungizide im Grundwasser wiederfinden, sind diese auch aus ökologischer Sicht negativ zu bewerten.

Alternativ bieten vor allem Diffusionsoffenheit und dickere mineralische Putzschichten eine adäquate Alternative zu hydrophobierenden Anstrichen und Fungiziden. Dickere Putzstärken speichern besser die einstrahlende Sonnenenergie. Dieser Effekt wird verstärkt, indem man Holzfaserdämmplatten verwendet, die eine höhere Wärmespeicherfähigkeit im Vergleich zu EPS-Platten besitzen.¹²² Zudem bieten mineralische Putze aufgrund ihrer basischen Zusammensetzung einen höheren natürlichen Schutz gegen Pilz- und Algenbefall.

Es besteht die Möglichkeit, die Putzschicht mithilfe von Silicon- oder Kunststoffdispersionsfarben zu schließen. Die Fassade weist damit wasserabweisende Eigenschaften auf. Bei einem Starkregenereignis

¹²¹ Zöllner 2015, 42f.

¹²² Schoof 2013, 63f.

perlen somit die Regentropfen von der Fassade ab. Diese Eigenschaft wirkt sich aber negativ bei den weitaus öfter auftretenden Tauwasserereignissen aus, die durch die vorbeiströmende Außenluft an den hydrophoben Fassaden entstehen. Der so entstehende Wasserfilm vermindert eine ohnehin schon geringe Wärmediffusion nach außen und damit auch eine mögliche Rücktrocknung, weswegen diese Fassaden dauerhaft feuchte Oberflächen aufweisen. Diese bilden den perfekten Nährboden für Algen- und Pilzbefall.¹²³

Der Brandschutz von WDVS ist vor allem von der Wahl des Dämmmaterials abhängig. Während Mineralwolle einen hohen Brandwiderstand aufweist, zeigen sich vor allem bei EPS-Platten diesbezüglich erhebliche materialbedingte Schwächen. Um der geringen Brandwiderstandskapazität von EPS-Platten entgegenzuwirken, wurde in der Herstellung bis 2016 das Flammschutzmittel Hexabromcyclododecan (HBCD) beigemischt. Mittlerweile wurde die Beimischung verboten, was vor allem für bereits verbaute WDVS-EPS mit HBCD-Anteilen bedeutet, dass bei einer Demontage das Flammschutzmittel extrahiert werden muss. Eine brandschutztechnische Bewertung der Fassade hat auf das fertige Gesamtsystem zu erfolgen.¹²⁴

WDVS-Ausführungen bilden den Großteil an baulich umgesetzten Fassaden ab. Daher kann in der Planung und Ausführung auf ein großes Repertoire an standardisierten Leitdetails zurückgegriffen werden. Dennoch – oder vielleicht gerade deshalb - treten bei einer erheblichen Zahl an ausgeführten Beispielen systemrelevante Fehler auf, die größtenteils eine Folge von nicht fachgerechter und mangelbehafteter Ausführung darstellen. Aber auch ein leichtsinniger Umgang in der Planungsphase birgt Fehlerquellen, welche, einmal umgesetzt, oft nur mit erheblichem Kapital- und Zeitaufwand wieder ausgebessert werden können.

Im Bewusstsein eines von der Klassischen Moderne geprägten Wertebildes wird das WDVS als unehrliches und daher ungeeignetes System kategorisiert. Es sind also vor allem Architekten, die dem WDVS gegenüber eine skeptische Haltung in der Fachwelt einnehmen. Dieser Argumentation muss entgegengehalten werden, dass „Materialehrlichkeit“ ein oftmals nur propagiertes, also theoretisch erreichbares Ziel von Bauprojekten war und ist.

¹²³ Luik 2015, 128f.

¹²⁴ Ebd., 72.

Fallbeispiele dazu gibt es – insbesondere in der Klassischen Moderne – zu genüge.

Fakt ist auch, dass der Großteil des Wohnbaues in Deutschland und Österreich mit einem WDVS ausgeführt wird. Gerade deshalb ist vorgefundene Abwehrhaltung von Architekten kontraproduktiv, sofern man den Anspruch des Mitgestaltens der gebauten Umwelt für sich beanspruchen möchte. Andreas Hild meint dazu:

„Und gefragt sind natürlich auch die Architekten, die es in einer festgefahrenen Abwehrhaltung versäumen, sich auf diesem Gebiet positiv einzubringen. Wir müssen bei einem so wichtigen Thema mitreden, mitdenken, Diskussionspartner sein.“¹²⁵

Das WDVS ist, wie in allen anderen Bauteilfragen, entscheidend davon abhängig, welche Materialien mit welcher Qualität verbaut und handwerklich umgesetzt werden. Die globale Klimaentwicklung erfordert ein Integrieren des energetischen Aspekts bei der Planung und Umsetzung von Gebäuden. Verschiedene Leuchtturmprojekte in der Wissenschaft zeigen einen Weg auf, der Abseits der Verwendung von WDVS beschritten werden kann. Aber gerade im geförderten Wohnbau, der stärker als andere Bereiche des Bauens ökonomischen Rahmenbedingungen unterliegt, stellt sich auch die Frage der Leistbarkeit energetischer Maßnahmen. Und gerade das mag auch der Grund sein, warum unter der Vielzahl zur Verfügung stehenden WDVS die Auswahl oftmals auf das kostengünstigste Material mit der kostengünstigsten Deckschicht fällt. Vielmehr wäre aber eine Sensibilisierung für verwendete Materialien und eine lebenszykluskostenorientierte Betrachtung zielführend (siehe dazu auch Kapitel 4.2.6).

Letztendlich liegt die Entscheidung nicht allein bei den Planern und Ausführenden, sondern vielmehr bei den Bauherren und Investoren, welche Systemvarianten für ein WDVS Verwendung finden.

¹²⁵ Schittich 2013, 25.

4.3 Schallschutz

Schall ist wissenschaftlich betrachtet ein komplexes Themenfeld, weswegen viele Begriffe von der Baufachwelt missverständlich oder teilweise falsch verwendet werden. Kapitel 4.3.1 stellt allgemeine technische Zusammenhänge im Schallschutz dar, wobei für eine wissenschaftlich vollumfängliche Darstellung an dieser Stelle auf einschlägige Lehr- und Fachliteratur verwiesen wird.

Schall wird von Mensch zu Mensch unterschiedlich wahrgenommen. Die subjektive Wahrnehmung erschwert eine objektive Bewertung von Schall und Schallschutzmaßnahmen. Im Allgemeinen spricht man dann von Lärm, wenn Schallereignisse als störend empfunden werden. Die Schwelle zwischen einem störenden und einem nicht störenden Schallereignis ist dabei ebenso wie die Wahrnehmung personenabhängig. Auch der Zeitpunkt des Schallereignisses spielt eine wesentliche Rolle. Treten diese in der Nacht auf, werden sie in der Regel weitaus störender empfunden als tagsüber. Selbst, wenn die Messungen der nächtlichen Schallereignisse in Summe tatsächlich „leisere“ Ergebnisse liefern.

4.3.1 Bauphysikalische Grundlagen

Die wichtigste Kenngröße im baulichen Schallschutz ist Dezibel [dB]. Bel ist eine auf den menschlichen Hörbereich abgestimmte Bezugsgröße und bewertet den Schalldruckpegel eines Schallereignisses bezogen auf eine Basis. Diese Bezugsgröße ist also keine Einheit für den Schalldruck selbst. Das bedeutet, dass trotz einer Messung von 0 dB Schalldruck vorhanden sein, also ein Schallereignis stattgefunden haben kann. Da aber 0 dB in etwa der Hörschwelle eines Menschen entspricht, werden Schallereignisse darunter vom Menschen akustisch nicht wahrgenommen.

Das menschliche Ohr besitzt die Fähigkeit, gleiche Schalldrücke in Abhängigkeit der Tonhöhe verschieden laut wahrzunehmen. Ob ein Geräusch als „laut“ empfunden wird, ist also nicht nur vom Schalldruck selbst abhängig, sondern auch von dessen Frequenz. Um diese frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Ohres in die Schallbewertung einfließen zu lassen, wurden sogenannte „Frequenzbewertungen“ eingeführt. In der Baupraxis maßgebend ist die sogenannte „A-Bewertung“, welche am häufigsten verwendet wird.

Schallschutzwerte von Bauteilen werden nicht für jede einzelne Frequenz, sondern mithilfe sogenannter Einzahlangaben dargestellt. Das in einschlägigen ÖNORMEN angegebene Frequenzspektrum

erfasst den Bereich von 100 bis 3150 Hz. Das Schalldämmmaß wird bei einer Frequenz von 500 Hz angegeben. Bauteile weisen aber in Abhängigkeit der Frequenz unterschiedliche Schalldämmfähigkeiten auf. Vor allem tieffrequente Schallereignisse werden schlechter gedämmt als höherfrequente. Zwar können frequenzabhängige Schalldämmkapazitäten mit Spektrumanpassungswerten adaptiert werden, diese decken aber nicht die gesamte Breite der auftretenden Streuung ab. Hinzu kommt noch die subjektive frequenzabhängige Bewertung von Menschen, welches die Empfindung eines Schallereignisses personenabhängig als laut oder leise einstuft. Daher bilden Einzahlwerte nur eine grobe Annäherung von tatsächlich auftretenden Akustiksituationen ab.¹²⁶

Die Berechnung des Schalldruckpegels in [dB] erfolgt durch das Logarithmieren zweier Schalldrücke. Die Logarithmusfunktion hat zur Folge, dass einzelne Werte zu Schalldruckpegeln nicht einfach addiert oder subtrahiert werden können. So entspricht eine Zunahme des Schalldruckpegels von ca. 10 dB in etwa der doppelten Lautheit des Geräusches.¹²⁷ Bei Schallereignissen unter 30 dB_A reicht jedoch bereits eine Reduktion des Schalldruckpegels um 3 dB, um das Schallereignis subjektiv um die Hälfte leiser wirken zu lassen.¹²⁸

Im Bauwesen wird zwischen Körperschall und Luftschall unterschieden. Luftschall beschreibt dabei Schallwellen, die über das Medium Luft übertragen werden. Unter Körperschall versteht man den Transport von Schallwellen durch einen Festkörper. Beide Formen können auch in Kombination auftreten. Beispielsweise werden Schallwellen einer Konversation im Nachbarraum zuerst über Luftschall an die Trennwand geleitet und dessen Masse dadurch in Schwingung versetzt. Der daraus resultierende Körperschall regt wiederum die angrenzende Luftschicht der gegenüberliegenden Seite an, welche die Schallenergie erneut als Luftschall in den Nachbarraum transmittiert. Beim Trittschall wird die Decke eines Raumes direkt durch Tritte von Personen im darüber liegenden Raum in Schwingung versetzt. Die durch Tritte erzeugte Schwingungsenergie wird durch die Decke an den darunter liegenden Raum in Form von Luftschall abgegeben.

Die Schallisolierung einzelner Bauteile stellt nicht die einzige Herausforderung in der Planung und Bauausführung dar. Ebenso

¹²⁶ Vgl. Lein/Wolff 2014, 17-21

¹²⁷ Vgl. Lang 2006, 13.

¹²⁸ Gösele/Kandel/Linhardt 1991, 17.

bilden Bauteilanschlüsse mit potentieller Flankenübertragung und Durchdringungen einzelner Bauteile erhebliche Fehlerquellen. So können einzelne Schallbrücken die Gesamtbilanz des Schallschutzes unabhängig vom gewählten Material wesentlich negativ beeinflussen. Abbildung 4-6 zeigt, dass der Schallschutz nicht nur anhand einzelner Bauteile, sondern vor allem im Zusammenwirken mit allen angrenzenden Bauteilen als Gesamtsystem betrachtet werden muss.

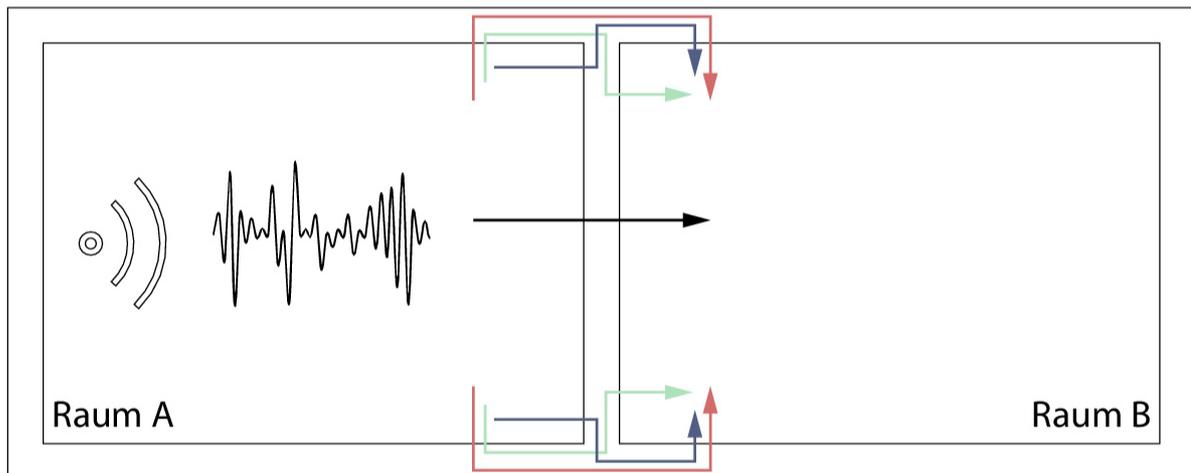


Abbildung 4-6 Flankenübertragungswege einer Wand im Grundriss

Die in Abbildung 4-6 dargestellten Flankenübertragungswege sind dabei sinngemäß auch für Boden- und Deckenanschlüsse zu berücksichtigen. Insgesamt ergeben sich damit 13 verschiedene Wege, in die sich der Schall von Raum A in Raum B ausbreiten kann.

4.3.2 Rechtliche Grundlagen

4.3.2.1 Österreich

Die österreichische Situation im öffentlichen Baurecht ist vor allem aufgrund der 9 bundesländerspezifischen Bauordnungen und Baugesetze sehr unterschiedlich. Die Gesetze enthalten allgemeine Bestimmungen zum Schallschutz. Mit der Möglichkeit von „subjektiv-rechtlichen Einwendungen“ wird jedem Nachbar mit Parteienstellung das Recht eingeräumt, im Zuge eines Baubewilligungsverfahrens etwaige rechtliche Einsprüche zum zu verhandelnden Bauprojekt einzubringen. Diese sind grundsätzlich in einem sehr geringen Umfang möglich, bestehen aber beispielsweise bei schädigenden Emissionen durch neue Bauprojekte. Dabei definiert das Steiermärkische Baugesetz explizit „Schall“ als eine solche Emission.¹²⁹ Eine Definition der Anforderungen mithilfe konkreter Zahlenwerten ist in den Gesetzen nicht zu finden.

Solche Zahlenwerte werden in der „OIB-Richtlinie 5 – Schallschutz“ angeführt. Mit Ausnahme von Niederösterreich – hier gelten noch die OIB-Richtlinien von 2011 – gilt für alle anderen Bundesländer die letztaktuelle Version vom März 2015. Dabei sind die baulichen Anforderungen hinsichtlich des Schallschutzes zwischen den Versionen 2011 und 2015 gleich geblieben.¹³⁰ Aber auch die angegebenen Werte der 2011er-Version wurden weitestgehend von den noch heute gültigen ÖNORMEN B 8115-2:2006-12-01 und B 8115-3:2005-11-01 entnommen.¹³¹ Vergleicht man die verschiedenen Normenausgaben bis zum Jahr 1987,¹³² so wurden in der Normenausgabe 2002 das Maß für die erforderliche Trittschalldämmung in Gebäuden zum Aufenthaltsraum aus angrenzenden Gebäuden und Wohneinheiten in Reihenhäusern sogar um 3 dB auf 43 dB gesenkt.¹³³ Alle weiteren Bearbeitungen betrafen vereinzelt Werte oder Formulierungsänderungen, die keinen wesentlichen Einfluss auf eine etwaige Preissteigerung ausübten. De facto haben sich also die generellen schallschutztechnischen Anforderungen im Wohnbau seit 1987 nicht mehr verändert.

¹²⁹ Vgl. Stmk. BauG., §26.

¹³⁰ Vgl. OIB-Richtlinie 5, Erläuternde Bemerkungen 2015, 1.

¹³¹ Vgl. OIB-Richtlinie 5, Erläuternde Bemerkungen 2011, 1.

¹³² Der Normenbestand der TU Graz umfasst für die ÖNORM B 8115-2 Ausgaben bis 1987.

¹³³ Vgl. ÖNORM B 8115-2 2006, 11 und ÖNORM B 8115-2 2002, 11.

4.3.2.2 Deutschland

In Deutschland wird der Schallschutz in der „DIN 4109:2016-07 Schallschutz im Hochbau-Teil 1: Mindestanforderungen“ geregelt. Da die meisten Studien vor der letzten Aktualisierung der deutschen Schallschutznorm entstanden sind, verweisen alle in Kapitel 4.3.4 aufgelisteten Studien, sofern diese sich mit dem deutschen Raum beschäftigen, auf die Vorgängerversion 4109:1989-11. Die Neufassung der DIN 4109:2016-07 implementiert bereits in der DIN EN 12354 definierte Rechenverfahren zur Berücksichtigung der Flankenwege.¹³⁴ Insgesamt werden somit alle 13 Schallübertragungswege erfasst.

Zwischen den beiden Versionen liegen also fast 27 Jahre, in denen vor allem die Komfortansprüche der Mieter und Käufer gestiegen sind. Die Diskrepanz zwischen den Normenwerten und Berechnungsverfahren nach der DIN 4109:1989-11 und den gestiegenen Komfortansprüchen führte zu mehreren juristischen Verfahren mit weitreichenden Konsequenzen. So stellte der deutsche Bundesgerichtshof in einem 2007 gesprochenen Urteil klar, dass die im Hochbau gültige DIN 4109 „im Bereich des Wohnungsbaus hinter den allgemein anerkannten Regeln der Technik zurückbleibt. [...] Insofern sind die Mindestanforderungen nach DIN 4109 nicht als Maßstab für einen üblichen Qualitäts- und Komfortstandard im Wohnungsbau heranzuziehen.“¹³⁵ Ergänzend wird daher die DIN EN 12354-1:2000-12 „Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen“ für die Bestimmung der Schallschutzwerte herangezogen, für die momentan ebenso ein neuer Normentwurf zur Diskussion steht. In dieser Norm wird nicht nur die Schalldämmung einzelner Bauteile, sondern auch die Flankenübertragung mitberücksichtigt. Dieser Missstand wurde mit der Aktualisierung der DIN 4109:2016-07 ausgeräumt.

Zusätzlich zu den normativen Regelungen werden vom Verein Deutscher Ingenieure ergänzende Empfehlungen in Form von Richtlinien zu verschiedenen Sachthemen veröffentlicht. Für den Schallschutz ist hier die VDI 4100:2012-10 „Schallschutz im Hochbau“ zu erwähnen. Da die Richtlinien als Empfehlungen verfasst sind,¹³⁶ haben die VDI-Richtlinien grundsätzlich keinen rechtlich bindenden Charakter, außer sie werden explizit als

¹³⁴ Schäfers/Grethe 2015, 199f.

¹³⁵ Müller 2009, 64.

¹³⁶ Vgl. Lein/Wolff 2014, 17.

Vertragsbestandteil für einzelne Projekte definiert. Im Zuge der Rechtsprechung des deutschen Bundesgerichtshofes und Entscheidungen von Oberlandesgerichten gilt die DIN 4109:1989-11 aber teilweise nicht mehr als anerkannte Regel der Technik.¹³⁷ Das hatte eine verstärkte Anwendung der VDI 4100 zufolge. Die VDI-Richtlinie unterscheidet drei Schallschutzstufen (SSt). Aufgrund der richterlichen Urteile legte die erste Stufe der SSt deshalb bereits höhere Werte für den Schallschutz fest, als in der DIN angegeben. In Tabelle 4-11 sind die von der VDI 4100 geforderten Schallschutzwerte in Abhängigkeit der einzelnen Stufen angeführt.

¹³⁷ Ebda., 7.

Schallschutzkriterium		Kennzeichnende akustische Größe [dB]		SSt I	SSt II	SSt III	
1a	Luftschallschutz	Mehrfamilienhaus	$D_{nT,w}$	≥56	≥59	≥64	
1b	Luftschallschutz	Mehrfamilienhaus	Treppenraumwand mit Tür	$D_{nT,w}^{a)}$	≥45	≥50	≥55
2	Trittschallschutz	Mehrfamilienhaus	vertikal, horizontal oder diagonal	$L'_{nT,w}^{b)}$	≤51	≤44	≤37
3	Gebäudetechnische Anlagen (einschließlich Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen)	Mehrfamilienhaus		$L_{AFmax,nT}^{c)}$	≤30	≤27	≤24
4	Luftschallschutz gegen Außenlärm in schutzbedürftigen Räumen	Mehrfamilienhaus		res. $R'_{w}^{f)}$ (res. $D^{nT,w}^{e)}$	d)	d)	$d)+5d$ B

a) Die Empfehlungen beziehen sich auf den Schallschutz vom treppenraum zum nächsten Aufenthaltsraum; Wohnungsinterne Türen dürfen im Falle eines dazwischen liegenden Raums mit einem pauschalen Normschallpegeldifferenz-Abschlag von 10 dB berücksichtigt werden.

b) Gilt auch für die Trittschallübertragung von Balkonen, Loggien, Laubengängen und Terrassen in fremde schutzbedürftige Räume

c) Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen u.Ä.) der Armaturen und Geräte der Wasserinstallation entstehen, sollen die Kennwerte der SSt II und SSt III um nicht mehr als 10 dB übersteigen. Dabei wird eine bestimmungsgemäße Benutzung vorausgesetzt

d) siehe Regelungen der DIN 4109:1989-11, Abschnitt 5

e) ohne Korrektur nach DIN 4109:1989-11, Abschnitt 5.2, Tabelle 9

f) mit Bezug auf Außenbauteile, die aus mehreren Teilflächen unterschiedlicher Schalldämmung bestehen

Tabelle 4-11 Empfohlenen Schallschutzwerte der einzelnen Schallschutzstufen (SSt) in Mehrfamilienhäusern nach VDI 4100

4.3.3 Problemfelder der Kostenbewertung für Schallschutz

Die dem Schallschutz zugrundeliegende mathematische Logarithmusfunktion erschwert die Darstellung direkter Zahlenzusammenhänge zwischen den Mehrkosten [€] auf der einen und den verbesserten Schallschutzmaßnahmen [dB] auf der anderen Seite. Eine in Schweiz unveröffentlichte Studie ermittelte für höhere Schallschutzwerte zwischen Wohnungen (also innenliegenden Schallschutz) von 2 bis 3 dB, für Trittschallschutz von 7 dB und für Haustechnikanlagen von 5 dB den Mehraufwand für Bauwerkskosten mit ca. 1,5 bis 5%. Daraus schlussfolgert Lang, dass der finanzielle Mehraufwand pro erreichte dB bei ca. 0,5 bis 1% der Bauwerkskosten liegt.¹³⁸ Dabei würde eine Schallschutzmaßnahme von 3 dB eine Reduktion der Schallenergie um das Doppelte zur Folge haben. Die empfundene Lautstärke würde sich dabei in Abhängigkeit der Frequenz ungefähr um ein Viertel reduzieren.

Bisweilen wurde in der Baufachwelt dem Zusammenhang von dauerhaft störenden Schallereignissen und dessen Auswirkung auf den Zustand der menschlichen Psyche wenig Beachtung geschenkt. 2004 analysierte eine Studie der World Health Organisation (WHO) Auswirkungen der Schallexposition und dessen gesundheitliche und psychische Folgen. Die Untersuchungen wurden in 6 europäischen Städten durchgeführt. Die Analysen zeigten, dass weniger der Ursprung der Schallquelle (Verkehrslärm oder Nachbarlärm) als vielmehr die Schallexposition selbst eine wesentliche Rolle spielt.¹³⁹ Lärm wird also unabhängig seiner Quelle immer als störend empfunden. Beispielsweise weisen Kinder, die einer starken Schallreizung ausgesetzt sind, ein höheres Anfälligkeitsrisiko für Bronchitis, Depressionen, oder 2 bis 3,7-mal öfter Krankheitssymptome einer Atemwegserkrankung aufgrund von lärm begründeten Schlafstörungen auf. Ähnliche Krankheitsmuster konnten auch für Erwachsene und ältere Personen festgestellt werden. Interessanterweise sind die Auswirkungen zwischen einer moderaten und einer starken Schallexposition nahezu dieselben.¹⁴⁰ Also schon eine moderate Schallexposition setzt den menschlichen Körper unter gesundheitlichen und psychischen Stress.

¹³⁸ Vgl. Lang 2006, 77 zit. n. Walk u.a. 2003, o.S.

¹³⁹ Vgl. Niemann/Maschke 2004, 7 und 19: "The health effect of neighbourhood noise induced annoyance is approximately the same range as the health effect of traffic noise induced annoyance."

¹⁴⁰ Ebda., passim.

4.3.4 Ergebnisse zu Kostenaufwendungen für den Schallschutz

Wie schon in Kapitel 4.2.5 wird zur Kostenanalyse auf die Datengrundlage verschiedener Studien zurückgegriffen. Auf eine kategorische Auflistung nach dem Erhebungsmodus (Typengebäude vs. Tatsächlich abgerechneter Projekte) wird aufgrund der geringen Datengrundlage in diesem Kapitel aber verzichtet.

- SCHALLSCHUTZ IM WOHNUNGSBAU (2006)

Die Studie hält fest, dass grundsätzlich zu einer genauen Aussage der Kostenanteile eine „Bottom-Up“-Analyse (siehe Kapitel 3.4) verschiedener Bauweisen, Dämmmaterialien und Ausführungsvarianten durchzuführen ist. Verhältnismäßig schwer wiegen Sanierungen von Schallbrücken aufgrund mangelhafter Ausführungen.¹⁴¹ So wurde beispielsweise ein Stahlbeton-Treppenlauf mangelhaft mit Schallbrücken ausgeführt. Ein Neoprenlager hätte 50 Euro pro Treppenlauf gekostet. Eine nachträgliche Sanierung der Treppenläufe ist nicht mehr möglich. Die Miet- und Verkaufsminderung verringerten sich um ca. 10%.¹⁴²

Im Zuge der Studie wurden 27 Gebäude in Massivbauweise aus der Steiermark und Oberösterreich hinsichtlich ihrer Mehrkosten aufgrund von Schallschutzmaßnahmen untersucht. Um die erreichten Schallschutzwerte festzustellen, wurden für einen Großteil der Gebäude Messungen vor Ort durchgeführt. Zahlen zu den „Gesamt-Netto-Baukosten“ wurden von den jeweiligen Landesregierungen zur Verfügung gestellt. Leider ist der Studie nicht zu entnehmen, ob mit dem Begriff der „Gesamt-Netto-Baukosten“ die Bauwerkskosten oder die Errichtungskosten gemeint sind.

Der Wert der zitierten Studie liegt vor allem in der Analyse tatsächlich abgerechneter Projekte. Die Fallzahl von 27 analysierten Gebäuden bildet aus statistischer Sicht noch kein repräsentatives Gesamtbild des Wohnbaus für Österreich ab, gibt aber Aufschluss über tendenzielle Zusammenhänge zwischen dem Schallschutz und Baukosten. Der Zeitraum der Bauperiode belief sich auf 1989 bis 1999, weshalb eine Indexierung der Gebäude auf das Jahr 2000 anhand des Baukostenindex der Statistik Austria vorgenommen wurde. In Tabelle 4-12 werden die Untersuchungsergebnisse der einzelnen Projekte dargestellt.

¹⁴¹ Vgl. Lang 2006, 76.

¹⁴² Ebda., zit. n. Kötz/Blecken 1999, o.S.

Bauvorhaben	Über- einander liegende Räume	Neben- einander liegende Räume	Wohn- einheiten	Gesamt-Netto- Baukosten zu Preisen des Jahres 2000	Gesamt- Wohnfläche	Quadrat- meter- kosten
	D _{nT,w} [dB] gemessen	D _{nT,w} [dB] gemessen		EUR	m ²	EUR/m ²
Aussee	55,0	n. v.	14	915.940	509	1.798
Bruck/Mur-Re	54,0	58,0	19	1.602.658	1.382	1.160
Bruck/Mur-Ti	56,3	n. v.	21	2.077.384	2.269	916
Frojach	62,0	60,5	8	837.162	562	1.491
Gleisdorf	n. v.	59,5	12	1.313.683	909	1.445
Graz-Bf	55,2	n. v.	147	12.384.618	10.147	1.221
Graz-Ber	68,0	66,0	43	4.877.320	3.138	1.554
Graz-Gh	59,0	63,0	313	7.481.014	7.899	947
Graz-Go	56,5	58,0	109	9.002.189	7.462	1.206
Graz-Gri	n. v.	59,0	36	4.928.958	2.778	1.774
Graz-Wie	57,0	62,0	162	19.631.788	12.577	1.561
Graz-Zel	n. v.	60,5	32	3.300.498	2.381	1.386
Leonding	56,0	56,0	44	3.532.598	3.077	1.148
Linz-Schu	60,5	64,0	40	3576869	3.427	1.044
Linz-Komm	n. v.	57,0	16	1437428	1248	1152
Linz-Par	58,0	58,5	58	3.297.454	2.794	1.180
Oberzeiring	61,0	58,0	12	1.225.227	906	1.353
Öblarn	61,5	n. v.	8	775.850	561	1.384
St. Georgen	58,0	n. v.	6	795.793	687	1.158
Unterpremstätten	57,5	n. v.	8	943.228	639	1.476
Wels	58,0	57,0	46	3.551.871	3.000	1.184
Zeltweg	58,0	n. v.	16	1.537.594	1.197	1.285

Tabelle 4-12 Gegenüberstellung von Schallschutz und Quadratmeterkosten einzelner Projekte

Die Detailanalyse zeigt, dass Gebäuden mit niedrigen Quadratmeterkosten und einem hohen Schallschutz Gebäuden mit hohen Quadratmeterkosten und einem niedrigen Schallschutz gegenübergestellt werden können. Eine direkte Verbindung zwischen hohen Baukosten und hohem Schallschutz konnte somit nicht nachgewiesen werden.¹⁴³

- EINFLUSS VON QUALITÄTSSTUFEN BEIM BAUEN (2015)

Ausgehend den Anforderungen der DIN 4109:1989-11 analysiert die Studie von Hagmann/Stoy Mehrkosten für höhere Qualitätsstufen des Schallschutzes. Die Kostenbeurteilung erfolgt anhand der Kriterien Außenlärm, Luft- und Trittschallschutz und Schallschutz gegen Körperschall und Installationen. Dabei werden die Qualitätsstufen wie folgt beschrieben:¹⁴⁴

- Qualitätsstufe 0

Auf Basis des Außenlärmpegels werden die Anforderungen des zutreffenden Lärmpegelbereichs erfüllt.

¹⁴³ Ebda., 80f.

¹⁴⁴ Hagmann/Stoy 2015, 16.

- Qualitätsstufe 1
Auf Basis des aktuellen Außenlärmpegels werden die Anforderungen des nächsthöheren Lärmpegelbereichs erfüllt.
- Qualitätsstufe 2
Auf Basis des aktuellen Außenlärmpegels werden die Anforderungen des nächsthöheren Lärmpegelbereichs noch überschritten.

Die Analyse der Kostensteigerung erfolgt anhand eines typisierten Gebäudemodells in Anlehnung an das Typengebäude^{MFH} der ARGE Kiel.¹⁴⁵ Die Kostensteigerungen fokussieren sich dabei auf die Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276-1:2008-12. Konkret werden die Kostenverläufe für die KG 330 Außenwände, KG 340 Innenwände, und KG 350 Decken analog zu den Qualitätssteigerungen analysiert. Die angeführten Preissteigerungen beziehen sich auf die Bauwerkskosten (KG 300 und 400). Auf etwaige Synergieeffekte zwischen erhöhten Schallschutzanforderungen (beispielsweise durch eine Dreischeiben-Isolierverglasung) und damit einhergehenden energetischen Verbesserungen wurden nicht berücksichtigt. Demnach erhöhen sich die Bauwerkskosten für:

- die Qualitätsstufe 1 zwischen 0,9% und 4,3%
- die Qualitätsstufe 2 zwischen 1,5% und 6,4%

bezogen auf die Qualitätsstufe 0. Angaben zu den die Schallschutzmaßnahmen betreffenden Auswirkungen in Bezug auf die Errichtungskosten werden in dieser Studie nicht angeführt.

- KOSTENTREIBER FÜR DEN WOHNUNGSBAU (2015)

Die bereits in Kapitel 4.2.5.1 zitierte Studie analysiert auch Preissteigerungen infolge verschiedener schallschutztechnischer Ausführungsvarianten. Die Methodik der Preisermittlung anhand des Typengebäudes wurde dort schon ausreichend besprochen. Nach dieser Studie führt die Berücksichtigung der DIN EN 12354 zu einer Anhebung der Anforderungen um 2 dB, wobei aufgrund der deutschen Rechtsprechung immer öfter auf die strengeren Vorgaben der VDI-Richtlinie zurückgegriffen wird.¹⁴⁶ Die laut Walberg u.a.

¹⁴⁵ Ebda., 13.

¹⁴⁶ Walberg u.a. 2015, 42f.

entstehenden Mehrkosten sind dabei in Tabelle 4-13 den jeweiligen Schallschutzwerten gegenübergestellt.

Schallschutz	€/m ² Wohnfläche	Kostenindex KG300+400	Luftschall- Schutz [dB]	Differenz [dB]
DIN 4109-1989	1.329	100	≥53	-
VDI 4100 SSt I	1.350	101,6	≥56	+3
VDI 4100 SSt II	1.373	103,3	≥59	+6
VDI 4100 SSt III	1.381	103,9	≥64	+11

Tabelle 4-13 Gegenüberstellung der Schallschutzstufen DIN 4109-1989¹⁴⁷ und VDI 4100¹⁴⁸ mit der Kostenentwicklung des Typengebäudes^{MFH} der ARGE Kiel¹⁴⁹ für den Bauteil Wohnungstrennwand

Eine Kostensteigerung zwischen der DIN-Ausführung und der SSt III von knapp 4% bringt demnach eine Verminderung um 11 dB und damit eine Halbierung der „Lautheit“ eines Schallereignisses. Ein Mehrkostenaufwand von 1,6% zwischen der DIN und der SSt I verringert die Schallenergie um die Hälfte (Erläuterungen zum Zusammenhang von dB-Größen siehe auch Kapitel 4.3.1).

4.3.5 Analyse der Studienergebnisse

Die deutsche Rechtsprechung zeigt, dass Rechenverfahren und Grenzwerte, obwohl diese in einer gültigen Norm definiert sind, nicht automatisch die Schwellenwerte im Sinne anerkannter Regeln der Technik definieren müssen. In Österreich hingegen haben sich die rechtlichen und normativen Rahmenbedingungen für den Schallschutz seit den späten 1980 nicht wesentlich verändert. Vielmehr sind es gestiegene Qualitäts- und Komfortansprüche, welche heute das zu erreichende Schallschutzniveau bestimmen.

Die Studienergebnisse geben in Abhängigkeit ihres Erhebungsverfahrens unterschiedliche Preissteigerungen infolge erhöhter Schallschutz-Ausführungsstandards an. Studien auf Basis

¹⁴⁷ Vgl. Müller 2009, 75.

¹⁴⁸ Vgl. Lein/Wolf 2014, 76.

¹⁴⁹ Vgl. Walberg u.a. 2015, 44.

des Typengebäudeverfahrens geben die Preissteigerung für die höchsten Schallschutzstufen mit 4 - 6% der Bauwerkskosten an. Auf die Errichtungskosten nach Tabelle 4-2 umgelegt bedeutet dies einen Preisanstieg von 3 - 4,5%. Die Fragestellung der Normgültigkeit stellt für Planende und Ausführende eine schwierige rechtliche Situation dar, welche tendenziell zur Einhaltung höherer Werte nach der DIN EN 12354 für die Luftschalldämmung zwischen Räumen führte. Durch die Anwendung dieser Norm wird das Schallschutzniveau im Schnitt um 2 dB angehoben. Mithilfe der Kostengegenüberstellung nach Tabelle 4-13 kann der Preisanstieg für die Bauwerkskosten (KG 300 und 400) mit weniger als 1,5% abgeschätzt werden. Bezogen auf die Errichtungskosten relativiert sich dieses Verhältnis weiter nach unten.

Wie bereits in den vorigen Kapiteln erläutert, werden Kostenanalysen mithilfe von Typengebäuden nach dem Top-Down-Prinzip durchgeführt. Tatsächlich lassen sich aber Kosten für den Schallschutz nur mithilfe einer ausführungsorientierten Kostenermittlung nach dem Bottom-Up-Prinzip nachvollziehbar darstellen. Daher sind Kostenanalysen von tatsächlich abgerechneten Projekten eher als valide einzustufen. Eine Gegenüberstellung von Kosten und gemessenen Schallschutzwerten bei tatsächlich abgerechneten Projekten nach Lang zeigt keine Korrelation von höheren gemessenen Schallschutzwerten und dem erreichten Preisniveau. In dieser Studie stellt die Fallzahl von 27 untersuchten Wohnbauobjekten eine noch nicht ausreichend hohe Zahl an analysierten Wohnbauten dar, um allgemeinere Aussagen zum Zusammenhang von Preisniveau und dem erreichten Schallschutzniveau zu treffen. Jedoch können anhand der zitierten Studie bereits tendenzielle Zusammenhänge abgeschätzt werden.

5 Schlussfolgerung

Der Baupreis ist in Österreich seit 2005 stärker gestiegen als die allgemeine Teuerungsrate. Die gleiche Entwicklung ist für die Mietkosten von Hauptmietwohnungen zu verzeichnen. Mit der Finanzkrise im Jahr 2008 fallen zeitlich die markantesten Änderungen der einzelnen Indizesverläufe zusammen. Aus diesem Zusammenhang lässt sich schlussfolgern, dass sich die globale Finanzkrise auf alle in Abbildung 2-1 dargestellten Wirtschaftsbereiche auswirkte.

Im gleichen Zeitraum wurden mit der Einführung der OIB-Richtlinie wesentliche Umstrukturierungen der rechtlichen und normativen Rahmenbedingungen in Österreich durchgeführt. Diese stellte den ersten Schritt hin zu einer bundesweiten Vereinheitlichung der Rechtsgrundlage im Hochbau dar. Die Länderkompetenzen in der Baugesetzgebung führten aber zu unterschiedlichen Stichtagen der Rechtsgültigkeit in den einzelnen Bundesländern. Im Zeitraum von 2008 bis Februar 2009 wurde die OIB-RL 6 (Energieeinsparung und Wärmeschutz) in 8 von 9 Bundesländern eingeführt. Die übrigen OIB-RL wurden bis 2011 erst von 4 Bundesländern umgesetzt. Da neue rechtliche Rahmenbedingungen zuerst bei Einreichverfahren neuer Bauprojekte anzuwenden sind, zeigen sich eventuelle Preisveränderungen infolge neuer Rechtsgrundlagen erst in zeitlich nachfolgendem Abstand zum Einführungsstichtag.

Stellt man die geforderten Mindeststandards der ersten und nachfolgenden OIB-Richtlinien den zuvor gültigen Mindestanforderungen gegenüber, so wurden im Bereich des Schallschutzes keine Verschärfungen vorgenommen. Das gleiche gilt im Bereich der Energieeinsparung für die U-Werte der Außenbauteile von Gebäuden, wohingegen die Anforderungen des Heizwärmebedarfs sukzessive angehoben wurden. Diese Verschärfungen waren dabei aber lediglich ein „Nachziehen“ des ohnehin bereits ausgeführten Baustandards.

Gestiegene Rechts- und Normenvorschriften können somit nicht als alleiniger Grund für den Preisanstieg im Bau angeführt werden. Zumindest im gleichen Ausmaß ist ebenso die vermehrte Nachfrage des Mieter- und Wohnungsmarktes für höhere Baustandards mit Grund für einen Preisanstieg im Wohnbau.

Preissenkend wirkt sich die vermehrte industrielle Herstellung einzelner Bauteile aus. Diese ermöglicht eine Optimierung der Fertigungskette unter gleichbleibenden und wetterabhängigen Produktionsbedingungen. Ein indexbereinigter Vergleich von

industriell gefertigten Bauteilen und Komponenten zeigt, dass durch eine Optimierung der Fertigungsprozesse eine Preisreduktion der hergestellten Komponenten und Bauteile zu verzeichnen ist. Zukünftig ist davon auszugehen, dass das industrielle Produktionsaufkommen im Bauwesen weiter steigen und sich dies in niedrigeren Kosten für Bauteilkomponenten widerspiegeln wird.

Die meisten Studien behandeln die Fragestellung, ob ein Anheben der verschiedenen Standards auch Kostensteigerungen mit sich bringt. Da aber ein höherer Aufwand immer höhere Kosten bedeuten, sollte sich die Fragestellung nicht nur anhand der Herstellungskosten orientieren. Zielführender wären Untersuchungen und Analysen, ob eventuelle Mehrkosten durch Synergieeffekte nicht tatsächlich unterproportional steigen. Diese Herangehensweise wurde bis dato nicht weiter untersucht.¹⁵⁰

Solche Synergieeffekte stellen sich beispielsweise in der Planung von Dachbegrünungen ein. Die Planung und Ausführung von Dachbegrünungen wird als Teilaspekt der Kostensteigerungen benannt. Die Mehrkosten liegen je nach Ausführungsart bei etwa 1,0 bis 4,1% bezogen auf die Bauwerkskosten (KG 300 und 400).¹⁵¹ Demgegenüber stehen Verbesserungen in der Regenwasserretention von 40 bis 60%, bei Intensivbegrünung sogar bis 90%. „Infolgedessen wird auch das Kleinklima verbessert, weil die erhöhte Verdunstung Temperaturextreme besser ausgleicht und durch die vegetative Oberfläche Feinstaub und Schwermetalle aus der Luft gefiltert werden.“¹⁵² Ebenso wirken sich Gründächer bei richtiger Planung, Ausführung und Wartung positiv auf die Lebenszeit der Dächer aus. „Richtig geplante und gebaute Gründächer können erwiesenermaßen eine Lebensdauer erreichen, die der des gesamten Gebäudes nahe kommt.“¹⁵³ Solche Synergieeffekte lassen sich nur mit einem technischen Verständnis erkennen, welches auch Rückschlüsse auf die ökonomische Tragweite verschiedener Ausführungsszenarien schließen lässt.

Beim Literaturvergleich ist darauf zu achten, mit welcher Basis und in welcher Wechselbeziehung die Kostenanstiege dargestellt werden.

¹⁵⁰ Vgl. Neitzel 2017, 42.

¹⁵¹ Hagmann/Stoy 2015, 23.

¹⁵² Richter 2015, 457.

¹⁵³ Appl 2011, 32.

Oftmals bilden statistische Werte die Basis für Angaben in den verschiedensten fach einschlägigen Literaturwerken. Dieser Zugang ist als absolut richtig zu bewerten und wird auch in dieser Arbeit grundsätzlich nicht in Frage gestellt. Dennoch sollte darauf geachtet werden, dass statistische Werte sich immer aus einer Summe von vielen Einzelergebnissen bilden. Dabei wird außer Acht gelassen, dass – gerade in der planerischen und baubetrieblichen Umsetzung von Bauprojekten – einzelne Rahmenbedingungen entscheidend den finanziellen Erfolg konkreter Projekte beeinflussen. Ob also verschiedene energetische oder schalltechnische Mehraufwendungen sinnvoll sind oder nicht, ist für jedes Projekt einzeln innerhalb eines Gesamtkontextes aller wichtigen Rahmenparameter zu beurteilen. Diese Untersuchungen bedürfen zwar eines höheren Planungsaufwandes. Wie Vergleiche der energetischen Ausführungsvarianten von standardisierten Kalkulationsverfahren (Referenzgebäude-Verfahren) und projektbezogenen Kalkulationen zeigen, können sich solche planerischen Mehraufwendungen finanziell positiv gegenrechnen.

Auch eine gesamtheitlich nachhaltige Betrachtung verschiedener Ausführungsszenarien über die Bauphase hinaus hat sich in der Bauwirtschaft bisweilen noch nicht etabliert. Nach wie vor werden ökonomische Argumentationen nur im Hinblick auf die Errichtungskosten geführt. Lebenszyklusorientierte Bewertungen stellen in den Kostenanalyseverfahren noch die Minderheit dar. Diese sind auch aufgrund des ausgedehnten Zeithorizonts für Investoren und Projektentwickler selten ausschlaggebend und bilden deshalb in den wenigsten Fällen eine Entscheidungsgrundlage. Schnelle Renditeergebnisse sind eher bei einer Kostenoptimierung in der Errichtungsphase als von einer lebenszyklusorientierten Planung zu erwarten. Dahingehend sollte vor allem auf politischem Wege durch Steueranreize oder ein Bonus/Malus – System für Investoren Anreize geschaffen werden, solchen erweiterten Kostenbewertungen größere Bedeutung zuzumessen. Die Einbeziehung solcher Parameter würde zu einer Relativierung der finanziellen Mehraufwendungen für energetisch und schalltechnisch höhere Ausführungsniveaus führen.

Die deutsche Rechtsprechung zum Thema Schallschutz zeigt, dass eine Reduktion der Anforderungen zur Senkung der Baukosten rechtlich – zumindest in Deutschland – nicht möglich wäre. Der Werkbesteller könne redlicherweise davon ausgehen, dass sein bestelltes Werk den anerkannten Regeln der Technik entspricht. DIN-Normen können als Anhaltspunkt solcher anerkannten Regeln der

Technik dienen, aber auch hinter diesen zurückbleiben.¹⁵⁴ Ähnliche rechtliche Entwicklungen könnten, abgesehen von der schlechteren Marktpositionierung neuerer Gebäude, auch bei einer gesetzlichen Reduktion der energetischen Mindeststandards auftreten.¹⁵⁵

Ob eventuelle Minderungen des energetischen Ausführungsniveaus daher ähnlich wie im Schallschutz zu einer vertraglich ungenügenden Definition bezüglich der zu schuldenen Leistungen führt kann im Zuge einer bauwirtschaftlich fokussierten Masterarbeit nicht geklärt werden.

Der bisherige Fokus der Arbeit lag auf den Einfluss von Schall- und Wärmeschutzmaßnahmen und deren Auswirkung auf die Errichtungskosten. Dabei werden Grundstückspreise zur nachvollziehbareren Betrachtung verschiedener Ausführungsstandards nicht mitgerechnet. Da aber die Gesamtkosten eines Bauprojektes, also auch die anteiligen Grundstückskosten, letztendlich den zu zahlenden Preis definieren, müssen auch die Grundstückspreise auf den Miet- bzw. Kaufpreis umgelegt werden. Bekanntermaßen ist die Lage das wichtigste Kriterium für den Wert einer Immobilie. Der Immobilienmakler Klemens Hofer meint im Interview mit der Kleinen Zeitung: „Ein paar Minuten außerhalb der Stadt und ich habe ein um bis zu 30 Prozent niedrigeres Preisniveau.“¹⁵⁶ Pauschale Rückschlüsse auf den Grundanteil an den Gesamtkosten lassen sich also nicht treffen. Für den Grazer Raum ermittelte Paulitsch den Grundkostenanteil an den Gesamtkosten mit Spitzenwerten bis zu 40%.¹⁵⁷ Dabei stehen die Mehrkosten infolge höherer energetischer oder schalltechnischer Standards in einem untergeordneten Verhältnis zu den Gesamtkosten.

Letztendlich fordert das Thema des „Sozialen Wohnbaus“ einen politischen Entscheidungswillen ein. Dieser muss das klare Ziel verfolgen, Miet- und Kaufpreise vor allem für die einkommensschwachen Gesellschaftsschichten in einem leistbaren Preisspektrum zur Verfügung zu stellen. Dies ist unter anderem dann möglich, wenn die öffentliche Hand vermehrt als Investor und Projektentwickler auftritt. „Je höher der Anteil des sozialen (öffentlichen) Wohnungssektors am gesamten Wohnungsbestand, desto geringer ist der Unterschied in den Mietenniveaus der beiden

¹⁵⁴ Vgl. Müller 2009, 64.

¹⁵⁵ Vgl. Lein/Wolff 2014, 137.

¹⁵⁶ Kleine Zeitung - Beilage „Wohnen“ 2017, 6.

¹⁵⁷ Vgl. Paulitsch 2017, 109.

[öffentlichen und privaten Miet-] Sektoren“.¹⁵⁸ Zusätzlich sollten Gemeinden Grundstücke, die sich im Besitz der öffentlichen Hand befinden, genossenschaftlichen Wohnbauträgern günstig zur Verfügung stellen. Vor allem in stark wachsenden Ballungszentren wäre in diesem Fall erheblicher Verbesserungsbedarf gegeben. Aber auch die Aufhebung oder Reduzierung der Stellplatzverpflichtung für PKW-Fahrzeuge würde zu einer merklichen Reduktion der Baupreise beitragen. Diese Maßnahme kann aber nur in Verbindung mit zukunftsfähigen städtebaulichen Entwicklungen wie dem Ausbau des Öffentlichen Personennahverkehrs und dem städtischen Fahrradnetz erfolgen. Das Angebot an günstigen Wohnungen könnte damit erhöht, und marktwirtschaftliche Entwicklungen so teilgesteuert werden.

¹⁵⁸ Lugger u.a. 2006, 69.

Literaturverzeichnis

Amann, Wolfgang/Lugger, Klaus: Österreichisches Wohnhandbuch 2016, Innsbruck-Wien-Bozen 2016

Amann, Wolfgang/Mundt, Alexis/Lugger, Klaus: Wohnkostenstatistik in Österreich- Methodik, Ergebnisse, Interpretation, Wien 2010

Appl, Roland: Gründächer richtig planen, in: Ernst & Sohn Special Juni 2011 A 61029 Flachdächer (2011), 32-35

Bauer, Eva: Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, Wien 2013

BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Bericht der Baukostensenkungskommission, Berlin 2015

BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.): Wege zum Effizienzhaus Plus, Berlin 2016

BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): Ergänzungsuntersuchungen zum Wirtschaftlichkeitsgutachten für die Fortschreibung der Energieeinsparverordnung, Berlin 2012a

BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin 2011

BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 - anforderungsmethodik, Regelwerk und Wirtschaftlichkeit, Berlin 2012

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.): Energieeffizienz in Zahlen, Berlin 2017

BKI Baukosteninformationszentrum (Hg.): BKI Baukosten 2015 Neubau - Teil 1. Statistische Kennwerte für Gebäude, Stuttgart 2015

BKI Baukosteninformationszentrum (Hg.): BKI Baukosten 2015 Neubau - Teil 2. Statistische Kennwerte für Bauelemente, Stuttgart 2015a

BKI Baukosteninformationszentrum (Hg.): BKI Handbuch. Kostenplanung im Hochbau, Stuttgart 2003

Bundesvergabegesetz – BVerG: Stammfassung von 2006, Novellierte Fassung von 2016

Czasny, Karl/Bständig, Gerhard/Hajek, Jürgen: Internationaler Vergleich wohnbezogener Transfers, Wien 2004

Energieeinsparverordnung EnEV 2014 – Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden

Gösele, Karl/Kandel, Lutz/Linhardt, Achim: Schallschutzkosten im Wohnungsbau, Köln 1991

Guttenbrunner, Raimund: Ökologischer und ökonomischer Vergleich von Außenwandaufbauten im mehrgeschossigen Wohnbau in Österreich, Masterarbeit, TU Wien 2015

Hagmann, Christopher/Stoy, Christian: Einfluss von Qualitätsstufen beim Bauen. Endbericht, Stuttgart 2015

Heinlein, Frank: Aktivhaus B10 by Werner Sobek, Stuttgart 2015

Ibel, Andreas: Wohnimmobilien im politischen Kontext, in: Arnold, Daniel/Rottke, Nico B./Winter Ralph (Hg.): Wohnimmobilien. Lebenszyklus, Strategie, Transaktion, Wiesbaden 2017, 119-141

Jochum, Patrick: Einfluss von Erntefaktor und Dämmindex auf die aus gesamttechnischer Sicht maximal sinnvolle Dämmdicke, in: Bauphysik 38, 5 (2016), 285-292

Kleine Zeitung: o.A.: Zusammen ist man weniger allein, in: Beilage „Wohnen“ der Kleinen Zeitung, 29.09.2017, 6.

Lang, Juditz: Schallschutz im Wohnungsbau, Wien 2006

Lein, Peter/Wolff, Oliver: Erhöhter Schallschutz im Wohnungsbau. Kommentar zu VDI 4100:2012-10, Berlin-Wien-Zürich 2014

Leiter Alois: Leistbares Wohnen in Tirol. Möglichkeiten einer Kostensenkung im Wohnbau unter besonderer Berücksichtigung der Gemeinnützigen Wohnbauträger Tirol, o.O. o.J.

Lugger, Klaus/Amann Wolfgang (Hg.): Der soziale Wohnbau in Europa. Österreich als Vorbild, Wien 2006

Lugger, Klaus/Amann Wolfgang (Hg.): Ökologisierung der Wohnbauförderung im mehrgeschossigen Wohnbau, Wien 2007

Luik, Harry: WDVS. Systeme, Verarbeitung, Details, Köln 2015

Maas, Anton: Wärmeschutz, in: Willems, Wolfgang M. (Hg.): Lehrbuch der Bauphysik. Schall - Wärme - Feuchte - Licht - Brand - Klima, Wiesbaden 2013, 3-154

Messari-Becker, Lima: Lebenszyklusorientierte Planung. Grundlagen, Methoden und Fallstudien, in: Fouad, Nabil A. (Hg.): Bauphysikkalender 2013: Nachhaltigkeit und Energieeffizienz. Berlin 2013, 43-55

Meyer, Helga/Reher, Heinz-Josef: Projektmanagement, Wiesbaden 2016

Mietrechtsgesetz – MRG: Stammfassung von 1981, Novellierte Fassung von 2014

Müller, Alexander: Schallschutz in der Praxis. Grundlagen-Recht-Fallbeispiel, Stuttgart 2009

Neitzel, Michael: Baukosten und Energieeffizienz. Nachweis des Einflusses von Energieeffizienzstandards auf die Höhe von Baukosten, Bochum 2017

Niemann, Hildegard/Maschke, Christian: WHO Lares. Final report Noise effects and morbidity, Berlin 2004

OIB-Dokument zur Definition des Niedrigstenergiegebäudes und zur Festlegung von Zwischenzielen in einem "Nationalen Plan" gemäß Artikel 9 (3) zu 2010/31/EU, o.O. 2014

OIB-Richtlinie - Richtlinien des österreichischen Instituts für Bautechnik (Hg.): Begriffsbestimmungen 2015, Wien 2015

OIB-Richtlinie - Richtlinien des österreichischen Instituts für Bautechnik (Hg.): Erläuternde Bemerkungen zu OIB-Richtlinie 5 "Schallschutz", o.O. 2011.

OIB-Richtlinie - Richtlinien des österreichischen Instituts für Bautechnik (Hg.): Erläuternde Bemerkungen zu OIB-Richtlinie 5 "Schallschutz", Wien 2015

OIB-Richtlinie - Richtlinien des österreichischen Instituts für Bautechnik (Hg.): OIB-Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz, o.O. 2007

OIB-Richtlinie - Richtlinien des österreichischen Instituts für Bautechnik (Hg.): OIB-Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz, Wien 2015

OIB-Richtlinie - Richtlinien des österreichischen Instituts für Bautechnik (Hg.): OIB-Richtlinie. Begriffsbestimmungen, Wien 2015

ÖNORM B 1801-1:2015-12-01 Bauprojekt- und Objektmanagement. Teil 1:Objekterrichtung, Wien 2015

ÖNORM B 8110-1:2011-11-01 Wärmeschutz im Hochbau. Teil 1: Deklaration des Wärmeschutzes von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf

ÖNORM B 8115-2:1987-05-01 Schallschutz und Raumakustik im Hochbau. Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz, Wien 1987

ÖNORM B 8115-2:2002-12-01 Schallschutz und Raumakustik im Hochbau. Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz, Wien 2002

ÖNORM B 8115-2:2006-12-01 Schallschutz und Raumakustik im Hochbau. Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz, Wien 2006

Oswald, Martin: Auswirkungen der EnEV 2016 - Sind die Grenzen des sinnvoll Machbaren erreicht?, in: Oswald, Martin/Zöller, Matthias (Hg.): Aachener Bausachverständigentage 2016. Praktische Bewährung neuer Bauweisen - ein (un-)lösbarer Widerspruch?, Wiesbaden 2016, 21-30

Paulitsch, Konrad: Zum leistbaren Wohnraum. Material- und Kostenrelevanz, Masterarbeit, TU Graz 2017

Pöhn, Christian/Pech, Anton (Hg.)/Bednar, Thomas/Streichler, Wolfgang: Bauphysik - Erweiterung 1. Energieeinsparung und Wärmeschutz. Energieausweis - Gesamtenergieeffizienz, Wien-New York ²2012

Richter, Eike: Dachbegrünungen, in: Zimmermann, Astrid (Hg.): Landschaft konstruieren - Materialien, Techniken, Bauelemente, Basel 2015, 455-476

Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF> (abgerufen am 03.10.2017)

Ritter, Frank: Lebensdauer von Bauteilen und Bauelementen. Modellierung und praxisnahe Prognose, Diss., TU Darmstadt 2011

Rongen, Ludwig/Schulze Darup, Burkhard/Tribus, Michael/Vallentin, Gernot: Passiv-, Nullenergie-, oder Plusenergiehaus. Energiekonzepte im Vergleich, Kissing 2015

Schäfers, Martin/Grethe Wiebke: Schallschutzplanung im Geschosswohnungsbau nach E DIN 4109-2, in: Mauerwerk 19, 3 (2015), 199-208

Schittich, Christian (Hg.): WDVS - Ein Diskussionsbeitrag von Hild und K., München 2013

Schoof, Jakob: Algen auf Wärmedämmverbundsystemen - ein unlösbares Problem?, in: Detail Green 02/13 (2013), 63-64

Steiermärkisches Baugesetz – Stmk. BauG: Stammfassung von 1995, Novellierte Fassung von 2016

Streissler-Führer, Agnes (Hg.)/Kon, Daniel/Krainhöfner, Clara/Pichler, Andrea: Leistbare Mieten - Leistbares Leben, Wien 2015

Sunikka-Blank, Minna/Galvin Ray: Introducing the rebound effect: the gap between performance and actual energy consumption, in: Building Research & Information 40, 3 (2012), Cambridge 2012, 260-273

Treberspurg, Martin/Smutny, Roman/u.a.: Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien. Endbericht, Wien 2009

Von Manteuffel, Bernhard/Hermelink, Andreas/Schulze Darup, Burkhard: Preisentwicklung Gebäudeenergieeffizienz, Berlin 2014

Wagner, Andreas/Lützkendorf, Thomas: Von der Energieeffizienzbewertung zur Nachhaltigkeitsbeurteilung, in: Fouad, Nabil A. (Hg.): Bauphysikkalender 2013: Nachhaltigkeit und Energieeffizienz. Berlin 2013, 31-42

Walberg, Dietmar (Hg.)/Gniechwitz Timo/Halstenberg, Michael (Hg.): Kostentreiber für den Wohnungsbau. Untersuchung und Betrachtung der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Gestehungskosten und auf die aktuelle Kostenentwicklung von Wohnraum in Deutschland, Kiel 2015

Walberg, Dietmar (Hg.)/Gniechwitz, Timo/Schulze Thorsten/Cramer, Antje: Optimierter Wohnungsbau. Untersuchung und Umsetzungsbetrachtung zum bautechnisch und kostenoptimierten Mietwohnungsbau in Deutschland, Kiel 2014

Willems, Wolfgang M./Schild, Kai: Wärmebrücken. Berechnung-Bewertung-Vermeidung, in: Fouad, Nabil A. (Hg.): Bauphysikkalender 2013: Nachhaltigkeit und Energieeffizienz. Berlin 2013, 429-468

Zöller, Matthias: Die Zukunftsfähigkeit von Wärmedämmverbundsystemen, in: Oswald, Martin/Zöller, Matthias (Hg.): Aachener Bausachverständigentage 2015. Außenwände und Fenster, Wiesbaden 2015, 40-51

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 2-1: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Statistik Austria: Tabelle Baupreisindex für den Hochbau gesamt, frühere Zeitreihen verkettet, https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/preise/baupreisindex/index.html (abgerufen am 07.09.2017)
sowie Statistik Austria: Tabelle Verbraucherpreisindex im Überblick, https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/preise/verbraucherpreisindex_vpi_hvpi/zeitreihen_und_verkettungen/index.html (abgerufen am 07.09.2017)
sowie Statistik Austria: Tabelle Ergebnisse im Überblick: Nettomiete und Betriebskosten (Mikrozensus), https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/preise/verbraucherpreisindex_vpi_hvpi/zeitreihen_und_verkettungen/index.html (abgerufen am 07.09.2017)
- Abb. 2-2: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Statista – Das Statistikportal zit. n. Statistik Austria (Mikrozensus): Durchschnittliche Wohnfläche pro Person in Hauptsitzwohnungen in Österreich von 2005-2015, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/512938/umfrage/wohnflaeche-pro-person-in-hauptwohnsitzwohnungen-in-oesterreich/> (abgerufen am 05.02.2017)
sowie Statista – Das Statistikportal zit. n. Eurostat: Anteil der Mietkosten für selbstgenutzten Wohnraum am verfügbaren Haushaltseinkommen von Haushalten in Österreich von 2005 bis 2015, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/459667/umfrage/mietkostenanteil-am-verfuegbaren-einkommen-von-haushalten-in-oesterreich/> (abgerufen am 05.02.2017)
- Abb. 2-3,
Abb. 2-4 und
Abb. 2-5: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Eurostat: Anteil der Wohnkosten am verfügbaren Haushaltseinkommen, nach Haushaltstyp und Einkommensniveau – EU-SILC Erhebung, <http://data.europa.eu/euodp/de/data/dataset/dSXn9jLkOjNr4rjbxFtQ> (abgerufen am 11.09.2017)

- Abb. 3-1: Paulitsch, Konrad: Zum leistbaren Wohnraum, Material- und Kostenrelevanz, Graz 2017, 251 (Mischbauweise – Darstellung der Baukostenanteile im derzeitigen Passivhaus Baustandard)
- Abb. 3-2: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Leiter, Luis: Leistbares Wohnen in Tirol, o.O o.J., 74 (Durchschnittliche Gewerkskosten in % der Gesamtbaukosten lt. Endabrechnungen 2013)
- Abb. 3-3: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Leiter, Luis: Leistbares Wohnen in Tirol, o.O o.J., 75 (Gewerkeranking – Die durchschnittlich 5 teuersten Gewerke (ohne KS III))
- Abb. 4-1: BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Bericht der Baukostensenkungskommission, o.O. 2015, 18 (Abb. 4: Darstellung der Indexreihen „KG 300-Bauwerk-Baukonstruktion“ und „KG 400-Bauwerk-Technische Anlagen“ im Vergleich zum VPI), http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Wohnungswirtschaft/buendnis_baukostensenkungskommission_bf.pdf (abgerufen am 04.08.2017)
- Abb. 4-2: Eigene Darstellung
- Abb. 4-3: BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): Untersuchungen zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 – Anforderungsmethodik, Regelwerk und Wirtschaftlichkeit. BMUBS-Online-Publikation 05/2012, Berlin 2012, 33 (Tab. 14: Zusammenstellung der zugrunde gelegten Bauteilkosten), http://www.irbnet.de/daten/baufo/20138035760/BMVB_S-Online-Publikation_30_2012.pdf (abgerufen am 07.03.2017)
- Abb. 4-4: Von Manteuffel, Bernhard/ Hermelink, Andreas/ Schulze Darup, Burkhard: Preisentwicklung Gebäudeeffizienz, Initialstudie, Berlin 2014, 10 (Abb. 5: Preisentwicklung Fenster, bereinigt mit Baupreisindex (2014=100)), <https://www.ecofys.com/files/files/ecofys-schulze-darup-2014-preisentwicklung-gebaeudeeffizienz.pdf> (abgerufen am 07.03.2017)

Abb. 4-5: BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin 2011, 23 (Abb. 5: Lebenszykluskosten), http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2011/LFNB2011.pdf (abgerufen am 15.09.2017)

Abb. 4-6: Eigene Darstellung

Tabellenverzeichnis

- Tab. 3-1: ÖNORM B 1801-1:2015-12-01, 11 (Bild 4 – Kostengruppierung)
- Tab. 3-2: ÖNORM B 1801-1:2015-12-01, 34 (C.1 – Baugliederung 1. Ebene)
- Tab. 4-1: Eigene Darstellung, erstellt aus:
BKI Baukosten 2015 Neubau, Statistische Kostenkennwerte für Gebäude, Stuttgart 2015, 459 (Kostenkennwerte für die Kostengruppen der 1. Und 2. Ebene DIN 276)
- Tab. 4-2: Eigene Darstellung
- Tab. 4-3: OIB-Richtlinie-Richtlinien des österreichischen Instituts für Bautechnik (Hg.): OIB-Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz, Wien 2015, 6.
- Tab. 4-4: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Rongen Ludwig/Schulze Darup, Burkhard/Tribus, Michael/Vallentin, Gernot: Passiv-, Nullenergie- oder Plusenergiehaus, Energiekonzepte im Vergleich, Kissing 2015, 21 (Tab. 21: Entwicklung der Wärmeschutz- und Energieeinsparverordnungen: Anforderungen an die U-Werte der Bauteile)
- Tab. 4-5: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Energieeinsparverordnung 2014, Tabelle 1
- Tab. 4-6: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Walbert, Dietmar (Hg.)/ Gniechwitz Timo/ Halstenberg, Michael (Hg.): Kostentreiber für den Wohnungsbau, Untersuchung und Betrachtung der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Gestehungskosten und auf die aktuelle Kostenentwicklung von Wohnraum in Deutschland, Kiel 2015, 60 (Tab. 3: Exemplarische Ausführung der notwendigen Gebäudehülle des Typengebäudes^{MFH} nach WSchV 1995 mit Angaben zur energetischen Qualität der Außenbauteile inkl. Beschreibung)

- Tab. 4-7: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Walbert, Dietmar (Hg.)/ Gniechwitz Timo/ Halstenberg, Michael (Hg.): Kostentreiber für den Wohnungsbau, Untersuchung und Betrachtung der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Gestehungskosten und auf die aktuelle Kostenentwicklung von Wohnraum in Deutschland, Kiel 2015, 69 (Tab. 8: Exemplarische Ausführung der Gebäudehülle des Typengebäudes^{MFH} nach EnEV ab 2016 mit Angaben zur energetischen Qualität der Außenbauteile inkl. Beschreibung)
- Tab. 4-8: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Walbert, Dietmar (Hg.)/ Gniechwitz Timo/ Halstenberg, Michael (Hg.): Kostentreiber für den Wohnungsbau, Untersuchung und Betrachtung der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Gestehungskosten und auf die aktuelle Kostenentwicklung von Wohnraum in Deutschland, Kiel 2015, 71 (Tab. 12: Darstellung der prozentualen Differenz (Veränderung der Gewichtung) in Bezug auf die ermittelten Bauwerkskosten des Typengebäudes^{MFH} in seiner Grundvariante u.a. in den verschiedenen Leistungsbereichen (001-024) zwischen dem Bezugsjahr 2000 und dem Betrachtungsjahr 2014)
- Tab. 4-9: Eigene Darstellung, Spalte „Steigerung der Bauwerkskosten“ erstellt aus:
Walbert, Dietmar (Hg.)/ Gniechwitz Timo/ Halstenberg, Michael (Hg.): Kostentreiber für den Wohnungsbau, Untersuchung und Betrachtung der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Gestehungskosten und auf die aktuelle Kostenentwicklung von Wohnraum in Deutschland, Kiel 2015, 39 (Tab. 1: Darstellung der Bauwerkskosten (KG 300/400) Mehrkosten und Heizkosteneinsparungen von energetischen Standards (Bezug: Typengebäude^{MFH} in seiner Grundvariante)
- Tab. 4-10: Eigene Darstellung
- Tab. 4-11: Eigene Darstellung, erstellt aus:
Lein, Peter/ Wolff, Oliver: Erhöhter Schallschutz im Wohnungsbau, Kommentar zur VDI 4100:2012-10, Berlin-Wien-Zürich 2014, 76 (Tab. 2: Empfohlene Schallschutzwerte der Schallschutzstufen (SSSt) in Mehrfamilienhäusern)

Tab. 4-12: Lang, Judith: Schallschutz im Wohnungsbau, Wien 2006, 81 (Tabelle 37: Schallschutz übereinander und nebeneinander liegender Räume und Quadratmeterkosten)

Tab. 4-13: Eigene Darstellung

