

# ENERGIE- EINSPARVERORDNUNG

## AUSGABE 2016

→ Leitfaden für Wohngebäude



# Ziegel Bauphysiksoftware

Im Bereich des bauordnungsrechtlichen Schallschutzes sowie des baulichen Wärmeschutzes sind geeignete Planungswerkzeuge mittlerweile unerlässlich und dienen dem Architekten und Fachplaner als Arbeitsgrundlage. Mit bauaufsichtlicher Einführung der neuen Schallschutznorm DIN 4109 sowie den geänderten Anforderungen der EnEV 2016 in Verbindung mit neuen förderungsfähigen Effizienzhausstandards bietet die Ziegelindustrie neue Softwaremodule für diese Bereiche an.

## Software für Nachweisführung im Mauerwerksbau



### MODUL ENERGIE 20.20

- Bedarfs- und Verbrauchsausweise nach EnEV 2016 inklusive DIBt-Schnittstelle
- KfW-Nachweisverfahren inklusive KfW-Schnittstelle
- Wärmebrückenkatalog der Ziegelindustrie mit Gleichwertigkeitsnachweisen
- Auslegung von PV-Anlagen
- Solarthermische Berechnungen
- Kostenloser Testzeitraum 30 Tage

Modul Energie 20.20 zum Nachweis von Wohngebäuden.

Paket Modul Energie 20.20 + Energie Desktop zum Nachweis von Wohn- und Nichtwohngebäuden (gem. DIN V 18599)



### MODUL SCHALL 4.0

- Nachweis des Luftschallschutzes
- Nachweis des Trittschallschutzes
- Zweischalige Haustrennwände
- Schutz gegen Außenlärm
- Kostenloser Testzeitraum 30 Tage

Die Bauphysiksoftware Modul Schall 4.0 ermöglicht die Anwendung der überarbeiteten Normenreihe DIN 4109 mithilfe einer akustischen Raumbilanz und prognostiziert die Schalldämmung in Gebäuden mit hoher Zuverlässigkeit.

Das Modul Schall 4.0 wird angeboten für 2 Jahre inklusive aller Updates.

Link: <https://ziegel-bauphysiksoftware.ax3000-group.de/lrz/>



<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>Tabellierte Baustoff-/Bauteilkennwerte</b>	<b>20</b>
1.1	Chronik der Verordnungsgebung	3	5.1	Außenwände	20
1.2	Zielsetzung der Novelle 2016	4	5.2	Innenwände	24
1.3	Hinweise zur Nutzung der Broschüre	5	5.3	Fenster	24
1.4	Hinweise zu den Anforderungsgrößen	5	5.4	Dächer	27
1.5	Verordnungstext	6	5.5	Decken, Fußböden	29
1.6	Flankierende Normen und Regeln	6			
<b>2</b>	<b>Energiebilanz eines Wohngebäudes</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>Wärmebrücken</b>	<b>30</b>
2.1	Energiebilanz und Heizwärmebedarf	6	6.1	Vorbemerkungen	30
2.1.1	Wärmeverluste	7	6.2	Geometrische Wärmebrücken	30
2.1.2	Wärmegewinne	8	6.3	Materialbedingte Wärmebrücken	30
2.1.3	Heizwärmebedarf	9	6.4	Konvektive Wärmebrücken	30
2.2	Heizenergiebedarf	9	6.5	Zusätzliche Wärmeverluste	31
2.3	Primärenergiebedarf	10	6.6	Einfluss auf den Heizwärmebedarf	31
2.4	Klima- und Nutzereinflüsse	10	<b>7</b>	<b>Luftdichtheit und Lüftung</b>	<b>32</b>
<b>3</b>	<b>Monatsbilanz-Verfahren nach DIN V 4108-6</b>	<b>12</b>	7.1	Einleitung	32
3.1	Verfahrensweg	12	7.2	Luftwechselzahlen	33
3.2	Ermittlung der Wärmeverluste	12	7.3	Prüfung der Luftdichtheit	33
3.2.1	Transmissionswärmeverluste	12	7.4	Luftdichtheitskonzept	34
3.2.2	Lüftungswärmeverluste bei freier Lüftung	14	7.5	Luftdichte Bauteilanschlüsse	34
3.2.3	Lüftungswärmeverluste bei maschineller Lüftung	14	7.6	Lüftungskonzept	34
3.2.4	Gesamtverluste	14	<b>8</b>	<b>Anlagentechnik</b>	<b>35</b>
3.3	Ermittlung der Wärmegewinne	14	8.1	Allgemeines	35
3.3.1	Interne Wärmegewinne	14	8.2	Trinkwarmwasserbereitung	36
3.3.2	Solare Wärmegewinne durch transparente Bauteile	15	8.3	Mechanische Lüftungsanlagen	37
3.3.3	Solare Wärmegewinne durch opake Bauteile	15	8.4	Heizungsanlagen	37
3.3.4	Transparente Wärmedämmung	15	8.5	Bewertung nach DIN V 4701-10	38
3.3.5	Unbeheizte Glasvorbauten	15	8.6	Anlagen zur Kühlung	40
3.3.6	Heizunterbrechung – Nachtabstaltung	16	8.7	Regenerativ erzeugter elektrischer Strom	40
3.3.7	Ausnutzungsgrad der Gewinne	16	<b>9</b>	<b>Anforderungen</b>	<b>40</b>
3.4	Ermittlung des Heizwärmebedarfs	18	9.1	Anforderungen an zu errichtende Wohngebäude	40
3.5	Klimadaten	18	9.2	Luftdichtheit der Gebäudehülle	43
<b>4</b>	<b>Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U</b>	<b>18</b>	9.3	Berücksichtigung der Wärmebrücken	43
4.1	Luftberührte Bauteile	18	9.4	Sommerlicher Wärmeschutz	44
4.1.1	Standardfälle	18	9.5	Anforderungen an die Anlagentechnik	44
4.1.2	Sonderfälle	19	9.6	Anforderungen aus dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 2009	44
4.2	U-Wert Ermittlung von Türen, Fenstern und verglasten Bauteilen	20	9.7	Energieausweise	46
4.3	U-Wert Ermittlung erdberührter Bauteile	20	<b>10</b>	<b>Nachweis für zu errichtende Wohngebäude</b>	<b>47</b>

<b>11</b>	<b>Sommerlicher Wärmeschutz</b>	<b>51</b>
11.1	Einleitung	51
11.2	Verfahren	51
11.3	Anforderungen	54
11.4	Speicherfähigkeit und Bauart	54
<b>12</b>	<b>Bewertung von Bestandswohngebäuden</b>	<b>55</b>
12.1	Einleitung	55
12.2	Randbedingungen zur Energiebilanz	55
12.3	Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung	55
12.3.1	Regeln der Technik	55
12.3.2	Vereinfachungen beim geometrischen Aufmaß	55
12.3.3	Energetische Qualität von Bauteilen und Anlagentechnik	56
12.4	Beispiel Bestandswohngebäude und Sanierungsempfehlungen	57
12.5	Anforderungen an Einzelbauteile	57
12.6	Anforderungen an bestehende Gebäude	61
<b>13</b>	<b>Checkliste zum Niedrigstenergiehaus</b>	<b>61</b>
<b>14</b>	<b>Wärmetechnische Bemessungswerte</b>	<b>62</b>
14.1	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz	62
14.2	Tabellierte Bemessungswerte	64
14.3	Historisches Ziegelmauerwerk	73
<b>15</b>	<b>Literatur</b>	<b>75</b>
15.1	Normen und Regelwerke	75
15.2	Fachliteratur	76
15.3	Weiterführende Literatur	77
<b>16</b>	<b>Führer durch die Normung</b>	<b>77</b>
<b>17</b>	<b>Glossar</b>	<b>78</b>
<b>18</b>	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>80</b>
<b>19</b>	<b>Hinweise zu Energieausweisen</b>	<b>81</b>
19.1	Grundsätze des Energieausweises	81
19.2	Ausstellung auf Grundlage des Energiebedarfs	81
	Beispiele Energieausweise	82
	Beratungsstellen der Ziegelindustrie	88
	Impressum	88

## 1 Einleitung

### 1.1 Chronik der Verordnungsgebung

Am 22. Juli 1976 erließ der Bundestag mit Zustimmung des Bundesrates das erste Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (EnEG), das die Grundlage für die von der Bundesregierung erlassenen Rechtsverordnungen über einen energiesparenden Wärmeschutz von Gebäuden (Wärmeschutzverordnung) und über energiesparende Anforderungen an heizungstechnische Anlagen sowie Brauchwasseranlagen (Heizanlagen-Verordnung) bildet. Das festgelegte Anforderungsniveau musste sicherstellen, dass die notwendigen Investitionen im Regelfall je nach Energiepreis und Bedingungen des Kapitalmarktes innerhalb der Gebäudenutzungsdauer erwirtschaftet werden (Wirtschaftlichkeitsgebot). Da diese Festlegungen die energetische Ertüchtigung des Gebäudebestands weitestgehend ausklammerte, ist das EnEG im September 2005 umfänglich erweitert worden. So sind zur Umsetzung der europäischen Richtlinie 2002/91/EG über die „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ neben Regelungen zur Klimatisierung und elektrischer Beleuchtung von zu errichtenden Gebäuden die Erstellung von Energieausweisen für bestehende Gebäude erlassen worden.

In der ersten Wärmeschutzverordnung, die am 1. November 1977 in Kraft trat, wurden Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsflächen von Gebäuden festgelegt. Für ein durchschnittliches Einfamilien-Doppelhaus mit einem Hüllflächen-/Volumen-Verhältnis ( $A/V$ ) von  $0,7 \text{ m}^{-1}$  war ein mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient  $k_m$  von höchstens  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  sicherzustellen. Im Laufe der Novellierungen wurden die Anforderungsgrößen von den eingangs betrachteten Transmissionswärmeverlusten erwei-

tert um die passiven Solargewinne, um die internen Wärmegewinne und um die Lüftungswärmeverluste und somit eine Raumwärmebilanz zur Grundlage der Anforderungen.

Mit der Energieeinsparverordnung 2001 (EnEV) wurden die alte Wärmeschutzverordnung und die Heizanlagenverordnung zusammengeführt, so dass neben den architektonischen Aspekten und baulichen Komponenten auch die anlagentechnischen Einflüsse und energieverorgungstechnischen Gegebenheiten mit bewertet werden können. Die Anforderungen sollen den Heizenergiebedarf für die Beheizung der Gebäude und die Warmwasserbereitung reduzieren und den dazu notwendigen Primärenergiebedarf begrenzen (Bild 1). Daneben können alternative Energiequellen erstmalig mit ihrem Energiebeitrag angerechnet werden. In einer Nebenanforderung werden die Transmissionswärmeverluste begrenzt, um den Standard des baulichen Wärmeschutzes nicht unter den der Wärmeschutzverordnung von 1995 absinken zu lassen. Diese Begrenzung macht einen Vergleich zum zuvor zitierten Anforderungsniveau der siebziger Jahre deutlich: Für ein Doppelhaus (s.o.) darf nun der mittlere spezifische Transmissionswärmeverlust, der in etwa dem mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten  $k_m$  entspricht, den Wert von  $0,51 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  nicht überschreiten.

In den letzten Jahren trat aufgrund des nachhaltigen  $\text{CO}_2$ -Anstiegs der Erdatmosphäre und der damit in Verbindung stehenden Klimaerwärmung der politische Zwang zu weiteren Energieeinsparungen im Gebäudesektor in den Vordergrund. Das Wirtschaftlichkeitsgebot energiesparender Maßnahmen und der damit verbundene „Bestandschutz“ bei Gebäuden traten mit dem alten Energieeinspargesetz in den Hintergrund. Die Verpflichtung zur Ausstellung von Energieausweisen sollte im Immobilienmarkt als Anreiz zur energetischen Ertüchtigung der Bestandsgebäude gesehen werden.

Die Vorschriften zur Energieeinsparung bei Neubauten und zur Erstellung von Energieausweisen sind mit der 2007 in Kraft getretenen Energieeinsparverordnung gegenüber der Verordnung von 2001 nicht verschärft worden. Die Nachweisverfahren für Wohngebäude blieben nahezu unverändert, lediglich bei Vorhandensein einer Raumluftkühlung musste diese über pauschale Ansätze mit bewertet werden. Im Bereich der Nichtwohngebäude entstand allerdings ein gegenüber der Vergangenheit erheblich erweiterter Nachweis- und Bearbeitungsumfang. Hierzu ist eine neue Norm DIN V 18599 [R25] geschaffen worden, mit der die Berechnung beheizter, gekühlter und mit elektrischer Beleuchtung beaufschlagter Gebäude jeglicher Nutzung ermöglicht wird.

Mit Einführung der EnEV 2009 wurden die Anforderungen an den Jahresprimärenergiebedarf bzw. die Gesamtenergieeffizienz um durchschnittlich 30 % verschärft. Zudem wurde die Anwendung des Referenzgebäudeverfahrens für Wohngebäude nach Einführung im Nicht-Wohngebäudebereich im Rahmen der EnEV 2007 obligatorisch. Seit dem 1. Oktober 2009 wird somit für die Einstufung des Objektes ein Gebäude herangezogen, das diesem in Geometrie, Nutzfläche und Ausrichtung gleicht. Dadurch erhält jedes Gebäude einen individuellen Höchstwert für den zulässigen Jahresprimärenergiebedarf. Ein weiteres Hauptaugenmerk wurde auf die energetische Ertüchtigung des Wohngebäudebestands, wie beispielsweise die Pflicht zur Nachrüstung von Gebäuden und Anlagen oder der Außerbetriebnahme von elektrischen Speicherheizsystemen, gelegt. Bei Nichtbeachtung der Maßgaben, im Falle von Bußgeldtatbeständen, von der Bundesregierung stärker sanktioniert. Parallel zur Novellierung der EnEV 2009 ist darüber hinaus ein weiteres wichtiges Gesetz, das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) in Kraft getreten, welches den Einsatz von regenerativen Energieträgern ver-



bindlich vorschreibt. Zielsetzung war es, den Anteil an erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 14 % zu erhöhen. Dies betrifft Raum-, Kühl- und Prozesswärme sowie die Warmwasserversorgung.

## 1.2 Zielsetzung der Novelle 2016

Bereits im März 2012 lag ein erster Entwurf zur Novellierung der EnEV unter der Federführung des Bauministeriums sowie des Wirtschaftsministeriums vor. Mit dem darauf folgenden einhalbjährigen Verhandlungsmarathon unter Beteiligung des Bundesum-

weltministeriums sowie einer Vielzahl von Interessenverbänden gingen fünf Entwurfsänderungen einher.

Sämtliche Mitgliedsstaaten der EU sind verpflichtet, die Europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) 2010/31/EU vom 19. Mai 2010 [R28] in allen Punkten in nationales Recht umzusetzen. Darin enthalten sind ambitionierte Ziele,



Bild 1: Von der Raumwärme zum CO<sub>2</sub>-Verbrauch

nämlich die Verbesserung der Energieeffizienz um 20 % und die Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen um ebenfalls 20 % bis zum Jahr 2020. Erklärtes Ziel ist die Schaffung von Mindeststandards für die Energieeffizienz von neuen oder renovierten Gebäuden. Sie zielt ab auf die Umsetzung eines Niedrigstenergiegebäudestandards im Neubaubereich bis zum Jahr 2021 und der Umsetzung eines Sanierungsfahrplans für Gebäude im Bestand, verbunden mit einer angestrebten Minderung des Primärenergiebedarfs um 80 %. Wesentliche Elemente der EPBD sind die Anrechenbarkeit der erneuerbaren Energien in den nationalen Berechnungsmethoden sowie eine plakative Darstellung von Energieverbräuchen in Form von Energieausweisen.

Nach wie vor basiert die Novelle der EnEV dabei auf den Rahmenbedingungen zur Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen des § 5 des im Juli 2013 novellierten 4. Energieeinsparungsgesetzes (EnEG) [R23]. Im Wesentlichen sieht der Wirtschaftlichkeitsbegriff dabei eine Refinanzierung der Aufwendungen bei der Erstellung des Gebäudes durch die eingesparte Energie vor. Fest verankert ist auch hier die Grundpflicht zur Errichtung von Neubauten nach einem bisher noch nicht quantifizierten Niedrigstenergiegebäudestandard. Ab 2021 sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet, in der gesamten europäischen Union Neubauten als Niedrigstenergiegebäude („Nearly Zero-Energy Building“) zu errichten. Diesem Standard müssen in Deutschland zudem ab 2019 alle neuen Gebäude entsprechen, die von öffentlichen Trägern gebaut oder genutzt werden.

Für neu zu errichtende Gebäude müssen analog zur Novelle der Energieeinsparverordnung 2009 die Anforderungen aus dem EEWärmeG erfüllt werden. Damit werden die Bauherren verpflichtet, den Wärmeenergiebedarf neuer Gebäude anteilig mit erneuerbaren Energien zu decken. Die Nutzungspflicht kann dabei wahlweise

durch den Einsatz von Solarthermie, Biomasse, Geothermie oder Umweltwärme, aber auch ersatzweise durch die Nutzung von Abwärme, Kraft-Wärme-Kopplung, Nah- und Fernwärmenetzen oder Energieeinsparmaßnahmen erfüllt werden. Kombinationen von erneuerbaren Energien untereinander sowie mit Ersatzmaßnahmen sind beliebig zulässig.

Hinsichtlich einer erwarteten Novelle des EEWärmeG im Nachgang zur EnEV 2014 hat der Verordnungsgeber zum Inkrafttreten am 1. Mai 2014 noch keinen Zeitplan festgelegt.

Die erste Verschärfungsstufe der EnEV 2014 hat am 31. Dezember 2015 ihre Gültigkeit verloren und brachte zum 1. Januar 2016 einschneidende Änderungen an den Mindeststandard von neu zu errichtenden Wohngebäuden mit sich. Nähere Details dazu sind im Kapitel 9 – Anforderungen EnEV 2016 – zusammengestellt.

### 1.3 Hinweise zur Nutzung der Broschüre

Es kann nicht erwartet werden, dass ein EnEV-Nachweisführender sämtliche Regelwerke rund um die EnEV kennt oder gar verinnerlicht hat. Diese Broschüre versucht mit Hilfe der Grundlagen zur Energiebilanz, mit Beispielrechnungen und mit der auszugweisen Darstellung der wichtigsten Regeln dem Leser die Thematik nahe zu bringen. Aus der Erfahrung der letzten Jahre sollte zur Nachweisführung unbedingt das Ziegel Bauphysiksoftware Modul Energie 20.20 verwendet werden. Damit lassen sich EnEV-Nachweise schnell und zuverlässig durchführen, ohne ein Normenstudium erforderlich zu machen. Nichtsdesto trotz lassen sich immer wieder interpretationsbedürftige oder unvollständige Regelungsinhalte finden, die eine ingenieurmäßige Betrachtungsweise herausfordern. Die Ziegelindustrie bietet daher Bauphysik Software Module

an, mit denen sich die energetische Bilanzierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden zielgerichtet durchführen lassen.

Sowohl diese Broschüre als auch das neu auf die EnEV 2016 abgestimmte Ziegel Bauphysiksoftware Modul Energie 20.20 sind nach bestem Wissen und den Regeln der Technik erstellt. Für den Ausschluss von Fehlern kann von der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. keine Gewähr übernommen werden. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass die neuen Regelwerke einer kontinuierlichen Anpassung unterliegen, die möglichst zeitnah in die Hilfsmittel eingearbeitet wird. Daher wird eine regelmäßige Aktualisierung dieser Arbeitsmittel durch die Herausgeber erfolgen.

Für Wohngebäude mit Neu- und Altbaustandard kann der Nachweis immer nach dem Monatsbilanzverfahren geführt werden. Das aus der Vergangenheit bekannte vereinfachte Heizperiodenbilanzverfahren darf in der EnEV 2016 nicht mehr angewandt werden. Als Grund lässt sich anführen, dass der verbesserte Wärmeschutz zukünftiger Gebäude mit dieser Bilanzierungsmethodik einer starren Heizperiodenlänge keine sachgerechte Bewertung des Energiebedarfs zulässt. Daher ist die Anwendung des Monatsbilanzverfahrens mit der angesprochenen Ziegel-Berechnungssoftware allein möglich.

### 1.4 Hinweise zu den Anforderungsgrößen

Durch die Inbezugnahme des primär-energetischen Ansatzes unter Berücksichtigung der Anlagentechnik wird der Eindruck verstärkt, dass eine verbrauchsorientierte Nachweisführung vorliegt und die Ergebnisse recht nah an den tatsächlich zu erwartenden Verbrauchsdaten liegen.

Vor diesen – zumindest für den Regelfall unberechtigten Erwartungen – soll an dieser Stelle ausdrücklich gewarnt werden. Sämtliche Berechnungen zum Energiebedarf werden mit so genannten normierten Randbedingungen durchgeführt und ergeben einen rechnerischen Endenergie- und Primärenergiebedarf. Dies gilt sowohl für zu errichtende Wohngebäude als auch für Bestandswohngebäude, für die zur Erstellung eines Energieausweises deren Energiebedarf rechnerisch ermittelt wird.

Erst im Gebäudebetrieb, unter Berücksichtigung des tatsächlichen Innen- und des Außenklimas, des Nutzerverhaltens und der Betriebsweise der Anlagentechnik, stellt sich der dann messbare tatsächliche Energieverbrauch ein. Zwischen diesen beiden Kennwerten kann eine erhebliche Differenz liegen, deren Betrag sich aus den verschiedenen in Kapitel 2 näher erläuterten Bilanzeffekten ergibt.

So besteht im Rahmen der Erstellung von Energieausweisen für Bestandsgebäude durchaus die Möglichkeit, diese auf Basis eines Energieverbrauchs anzufertigen. Aber auch bei Anwendung dieser Prozedur ist zumindest eine rechnerische Korrektur der Klimadaten des betrachteten Verbrauchszeitraums vorzunehmen.

## 1.5 Verordnungstext

Der Verordnungstext zur zweiten Änderung der Energieeinsparverordnung ist im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2014, Teil I Nr. 67 am 21. November 2013 [R1] veröffentlicht. Eine nichtamtliche Lesefassung des gesamten Verordnungstextes kann im Internet unter [www.ziegel.de](http://www.ziegel.de) eingesehen und ausgedruckt werden. Alle in dieser Novelle berücksichtigten Inhalte zu Wohngebäuden sind in dieser Broschüre sowie im Ziegel Bauphysiksoftware Modul Energie 20.20 berücksichtigt.

## 1.6 Flankierende Normen und Regeln

Die zur EnEV-Nachweisführung notwendigen Normen werden in der Literaturübersicht aufgeführt und sind im Broschürentext an entsprechender Stelle zitiert. Zu den wichtigsten Normen gehört DIN 4108 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden“ mit insgesamt acht Normteilen dieser Reihe [R2-R10]. Daneben sind europäisch harmonisierte Rechenwerke in Bezug genommen, die vor allem Rechenregeln und Bewertungsverfahren bauphysikalischer Effekte beinhalten. Die Bewertung der Anlagentechnik erfolgt mittels DIN V 4701-10 „Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen“ [R11]. Da einige Normpapiere nebeneinander entstanden sind und der Prozess der Harmonisierung noch lange Zeit nicht abgeschlossen sein wird, lassen sich teilweise widersprüchliche Regelungen nicht vermeiden. Auch auf diese Schwachpunkte wird in der vorliegenden Broschüre an geeigneter Stelle hingewiesen.

Für Bestandswohngebäude stehen die Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau- und Reaktorsicherheit zur Verfügung. Diese werden ergänzt um Regeln zu Verbrauchskennwerten von Wohngebäuden. Diese so genannten allgemein anerkannten Regeln der Technik unterliegen einer ständigen Überarbeitung und müssen daher vom Anwender auf Aktualität laufend überprüft werden.

Um dem Leser eine Übersicht der relevanten Regelwerke zu erlauben, sind alle Normen und die unmittelbar zur Verordnung gehörenden Texte in der Literaturübersicht mit dem Buchstaben R gekennzeichnet.

Als besonders hilfreich erweist sich die Beachtung der sogenannten Auslegungsfragen zur EnEV, die durch das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin, in loser Folge kommentiert und im Internet veröffentlicht werden.

## 2 Energiebilanz eines Wohngebäudes

### 2.1 Energiebilanz und Heizwärmebedarf

Heizenergie ist im hiesigen Klima notwendig, um ein gewünschtes Temperaturniveau im Raum sicherzustellen und die daraus resultierenden Wärmeverluste auszugleichen. Hierbei wird eine möglichst hohe Behaglichkeit angestrebt, die durch ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Raumlufttemperatur und Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen erreicht wird. Maßnahmen zur Energieeinsparung durch Reduzierung des Behaglichkeitsniveaus, z. B. durch Absenkung der Raumlufttemperatur und Drosselung der Frischluftfrate, haben sich in den letzten Jahren als nicht akzeptierte bzw. falsch verstandene Energieeinsparbemühungen herausgestellt; sie haben insbesondere im Altbau zu einer erheblichen Zahl von Bauschäden geführt [L2]. Der erforderliche Heizwärmebedarf, also die Energie, die ein Heizkörper einem Raum zur Verfügung stellen muss, lässt sich aus der Energiebilanz des Raumes oder übergreifend aus der eines gesamten Gebäudes ermitteln. Die dazu notwendigen Rechenverfahren sind seit langem bekannt, mit europäisch harmonisierten Normen hinterlegt [R13] und ausreichend validiert.

Darüber hinaus muss nach der Verordnung auch der Trinkwarmwasserbedarf und der für Anlagenantriebe erforderliche elektrische Strombedarf innerhalb des Gebäudes bilanziert werden,



da hier nicht unerhebliche Energieverbräuche entstehen.

Wird in einem Wohngebäude die Raumluft gekühlt, ist auch der hierzu notwendige End- und Primärenergiebedarf zu berücksichtigen. Dieser zusätzliche Energiebedarf wirkt sich verschärfend auf die Anforderungen aus, da die aus dem Referenzgebäude ermittelten zulässigen Werte eine Raumkühlung nicht vorsehen und der zusätzliche Kühlanteil daher kompensiert werden muss.

Bei einer beheizten Wohnfläche von 120 m<sup>2</sup> ergibt sich für ein nach der Verordnung geplantes Einfamilienhaus ein jährlicher Heizwärmebedarf von ca. 6.000 kWh, der ungefähr 7.500 kWh Primärenergie oder 750 l Heizöl entspricht.

Der Trinkwarmwasserbedarf eines durchschnittlichen 3- bis 4-Personenhaushalts liegt im Jahr bei etwa 1.500 kWh, entsprechend 3.500 - 4.500 kWh Primärenergie. Wird wie vom EEWärmeG und von der EnEV 2016 vorgesehen eine thermische Solaranlage eingesetzt, halbiert sich in der Regel der Primärenergiebedarf.

Der dritte Energieanteil, der Haushaltsstrom, liegt für die gleiche Haushaltsgröße bei etwa 5.000 kWh elektrischem Strom bzw. 13.000 kWh Primärenergie unter Berücksichtigung der Umwandlungsverluste. Etwa 500 kWh Endenergie entfallen allein auf Antriebe und Steuerungen der Heizanlage.

#### Hinweis:

Bei allen Bilanzierungen im Rahmen der EnEV muss beachtet werden, dass normierte Randbedingungen für den Nutzer, das Klima, etc. zugrunde gelegt sind und dass die Prognosen einen **Energiebedarf** ermitteln, der mit dem tatsächlichen **Energieverbrauch** im Einzelfall nicht übereinstimmt!

### 2.1.1 Wärmeverluste

Im hiesigen Klima muss einer verlustminimierten Bauweise der Vorzug vor einer solargewinnmaximierten gegeben werden, d.h. die Dämmeigenschaften der Gebäudehülle stehen in ihrer Wichtigkeit an erster Stelle. Zudem wird durch erhöhte Innenoberflächentemperaturen die thermische Behaglichkeit innerhalb der Räume deutlich erhöht.

Die wichtigste Kenngröße zur Beurteilung der opaken, d.h. nicht transparenten Bauteile, ist deren Wärmedurchgangskoeffizient, der **U-Wert** [W/(m<sup>2</sup> · K)]. Dieser wird nach europäischen Rechenregeln bestimmt. Der U-Wert gibt an, wie viel Wärmeleistung [W] pro ein Grad Temperaturdifferenz [K] durch eine Bauteilfläche von 1 Quadratmeter [m<sup>2</sup>] zwischen der Innen- und Außenluft abfließt. Summiert man sämtliche mit deren U-Werten multiplizierte Bauteilflächen **A** und berücksichtigt die durchschnittlichen Temperaturdifferenzen während der Heizperiode mittels der Temperatur-Korrekturfaktoren **F<sub>x</sub>**, erhält man die temperaturspezifischen Transmissionswärmeverluste **H<sub>T</sub>** eines Gebäudes wie folgt:

$$H_T = \sum U_i \cdot A_i \cdot F_{xi} + H_{WB} \quad [\text{W/K}] \quad (1)$$

Der Term **H<sub>WB</sub>** beschreibt die Transmissionswärmeverluste über Wärmebrücken, die nach DIN V 4108-6 besonders ausgewiesen werden müssen.

#### Hinweis

Die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle machen in Ein- und Zweifamilienhäusern etwa ein Drittel der gesamten Verluste aus – bei größeren und kompakten Gebäuden mitunter deutlich weniger. Eine kostensparende und zugleich energieverbrauchsreduzierende Maßnahme ist eine kompakte Gebäudeform.

Das beheizbare Volumen sollte die kleinstmögliche wärmeübertragende Umfassungsfläche und damit ein günstiges, kleines A/V<sub>e</sub>-Verhältnis aufweisen. Die Reduktion des A/V<sub>e</sub>-Wertes um 0,1 m<sup>-1</sup> bewirkt für durchschnittliche Gebäude eine Verringerung des Heizwärmebedarfs von etwa 5-6 kWh/(m<sup>2</sup> · a), ohne dass zusätzliche Dämm-Maßnahmen ergriffen werden.

Die temperaturspezifischen Lüftungswärmeverluste eines Gebäudes ergeben sich aus dem belüfteten Nettovolumen **V**, der Luftwechselzahl **n**, die besagt, wie häufig das gesamte Luftvolumen in einer Stunde ausgetauscht wird und der spezifischen Wärmespeicherkapazität der Luft von 0,34 Wh/(m<sup>3</sup> · K):

$$H_V = 0,34 \cdot n \cdot V \quad [\text{W/K}] \quad (2)$$

#### Hinweis:

Die EnEV-Nachweisführung erfolgt standardmäßig mit dem Wert **n = 0,7 h<sup>-1</sup>** und **n = 0,6 h<sup>-1</sup>** für Gebäude, deren Gebäudehülle besonders luftdicht ist und bei denen dies durch eine Dichtheitsprüfung nachgewiesen wird. In Bestandswohngebäuden mit offensichtlichen Undichtheiten der Gebäudehülle, z. B. an Fenstern oder im Dach, ist die Luftwechselzahl **n = 1,0 h<sup>-1</sup>** zu verwenden.

In Gebäuden mit Fensterlüftung liegen beispielsweise gemessene Luftwechselzahlen in Abhängigkeit der Luftdichtheit der Gebäudehülle und vor allem des Nutzerverhaltens zwischen **n = 0,3** und **0,9 h<sup>-1</sup>** [L3], bei hohen Belegungsdichten der Wohnungen, aber auch bei Werten bis zu **1,5 h<sup>-1</sup>** [L4]. Neuere Untersuchungen [L24] bestätigen diese Schwankungsbreite in ähnlicher Form auch für Gebäude

mit Wohnungslüftungsanlagen. Wird eine mechanische Lüftungsanlage eingesetzt, wird das tatsächlich ausgetauschte Luftvolumen und die ggf. rückgewonnene Wärme berücksichtigt.

Aus den temperaturspezifischen Wärmeverlusten  $H_T$  und  $H_V$  lassen sich die Wärmeverluste einer Periode nach folgender Formel ermitteln:

$$Q_i = (H_T + H_V) \cdot 24/1000 \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (3)$$

mit:  
 $(\theta_i - \theta_e)$  = Temperaturdifferenz in der Periode  
 $t$  = Anzahl der Tage

### 2.1.2 Wärmegewinne

Die Wärmegewinne, die zur Reduzierung der Heizwärme genutzt werden, ergeben sich aus den internen Wärmelasten, die sich aus Personen- und Maschinenabwärme, Beleuchtung, etc. zusammensetzen und den solaren Wärmegewinnen, insbesondere durch den direkten Strahlungsdurchgang über die Fenster, aber auch bedingt durch Solarabsorption auf Außenoberflächen, Wintergärten, etc.

Messungen in Wohngebäuden zeigen Wertebereiche der internen Gewinne  $Q_i$  zwischen 15 und 35 kWh pro m<sup>2</sup> Nutzfläche  $A_N$  in der Heizperiode. In den Rechenverfahren der DIN V 4108-6 müssen konstante Mittelwerte angesetzt werden. Die Bilanzformel lautet:

$$Q_i = q_i \cdot A_N \cdot 24/1000 \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (4)$$

mit:  
 $q_i$  = 5 W/m<sup>2</sup> bei Wohngebäuden  
 $t$  = Anzahl der Tage

Die Solargewinne  $Q_s$  durch die Fensterflächen können grundsätzlich für vier Haupthimmelsrichtungen, vier Zwischenrichtungen und für vier unterschiedliche Flächenneigungen und die Horizontale ermittelt werden. Die Bilanzformel lautet:

$$Q_s = \sum I_s \cdot \sum F_F \cdot F_s \cdot F_c \cdot 0,9 \cdot g \cdot A_w \quad [\text{kWh}] \quad (5)$$

Die Solarstrahlung  $I_s$  ist von der Himmelsrichtung und der Neigung der bestrahlten Fläche abhängig. Für vertikale Flächen beträgt sie zwischen 100 (Nord) und 270 (Süd) kWh/(m<sup>2</sup> · a) in der Heizperiode. Der Abminderungsfaktor  $F_F$  bezeichnet den verglasten Flächenanteil des Fensters. Der sogenannte  $F_s$ -Wert ist der Minderungsfaktor für eine permanente Verschattung, z. B. durch Gebäudeteile oder andere Gebäude, und der  $F_c$ -Wert beschreibt die Abminderung der solaren Einstrahlung durch bewegliche Sonnenschutzeinrichtungen. Der Faktor 0,9 ( $F_w$ -Wert) reduziert den von den Glasherstellern anzugebenden Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$  der Verglasung, da dieser ausschließlich für senkrechte Sonneneinstrahlung gilt. Die zuvor genannten Abminderungsfaktoren  $F$  sind grundsätzlich bei allen Bauteilen anzuwenden, durch die Solarstrahlung hindurchgeht oder absorbiert wird, so auch für transparente Wärmedämmung, Solaranbauten, etc. Die Fensterfläche  $A_w$  wird aus den lichten Rohbauöffnungsmaßen ermittelt.

In ähnlicher Weise lassen sich auch Gewinne durch Absorption auf opaken Außenoberflächen berechnen. Neben der solaren Zustrahlung muss bei einer Absorptionsbilanz auch die Abstrahlung an den kalten Himmel berücksichtigt werden. Dies erfolgt mittels eines Abzugs (s. Formel 21). Normalerweise sind derartige Effekte im äußeren Wärmeübergangswiderstand  $R_{se}$  schon enthalten. Die Solarabsorption auf Außenwänden führt bei dunk-

len Anstrichen oder Verklinkerungen bei Südorientierungen zur Reduktion der rechnerischen U-Werte von bis zu 25 % [L5]. Werden diese Effekte für alle Orientierungen entsprechend berücksichtigt, ergeben sich zusätzliche nutzflächenbezogene Heizwärmeeinsparungen von etwa 5 % für dunkle Oberflächen und etwa 2 % für helle Putzoberflächen (siehe Bild 2.1).

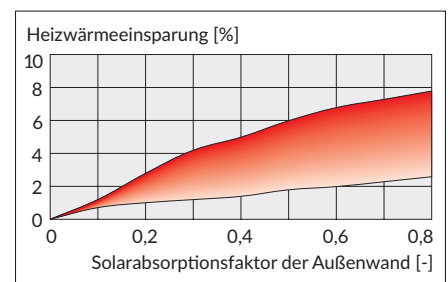


Bild 2.1: Heizwärmeeinsparung durch Solarabsorption auf Außenoberflächen

Diese absolute Größe ist im Übrigen weitestgehend unabhängig vom U-Wert und vom konstruktiven Aufbau der Außenbauteile. Das Solarstrahlungsangebot und die Farbe bestimmen deren Höhe. Bei Anfall großer Energiegewinne kann dies zu Überhitzungen in den betroffenen Räumen führen. In solchen Fällen wird zur Einhaltung erträglicher Temperaturen üblicherweise erhöht gelüftet, d.h. Wärme „abgelüftet“. Dies kann dazu führen, dass die Lüftungswärmeverluste um bis zu ca. 20 % vergrößert werden. Die Überhitzungen und die damit verbundenen erhöhten Wärmeverluste lassen sich durch massive, speicherfähige Bauteile reduzieren. Insbesondere massive Innenbauteile beeinflussen das sommerliche Temperaturverhalten positiv.

Unbeheizte Glasvorbauten ermöglichen bei intelligenter Nutzung eine zusätzliche Heizwärmeeinsparung. Diese ergibt sich durch die Temperaturerhöhung in dieser Zone und die damit verbundene Absenkung der Transmissionswärmeverluste der angrenzenden Bauteile des beheizten Wohnbereichs. Neben diesem Effekt lassen sich auch Lüftungswärmeverluste reduzieren,

wenn beispielsweise die Zuluft angrenzender Wohnräume über den Glasvorbau geführt wird. Da die Einsparpotentiale von Glasvorbauten stark von ihrer Nutzung und Geometrie abhängen, sind allgemeingültige Zahlenangaben hierzu nicht möglich. Im Monatsbilanzverfahren der DIN V 4108-6 können die Energiebilanzen von Glasanbauten berechnet werden.

Es darf nicht übersehen werden, dass Glasvorbauten im Sommer zu starken Überhitzungen neigen, die deren Nutzbarkeit deutlich einschränken können. Daher sind große Lüftungsöffnungen und zumindest in den Schrägverglasungen wirksame Verschattungseinrichtungen erforderlich. Die Investitionskosten von Glasanbauten weisen in der Regel keine Wirtschaftlichkeit im Hinblick auf eine mögliche Energieeinsparung auf.

### Hinweis:

Werden die beheizten, an den Glasvorbau angrenzenden Bereiche nicht durch eine wirksame räumliche Trennung abgeschottet, zählt der Glasvorbau mit seiner Hüllfläche zum beheizten Gebäudevolumen und muss entsprechend im EnEV-Nachweis berücksichtigt werden.

Eine weiterführende Ausnutzung der Solargewinne wird mit sogenannten Hybridsystemen möglich. Mit dieser Technik lassen sich bisher thermisch ungenutzte Gebäudeteile, wie z. B. Decken, Innen- und Außenwände als zusätzliche Speicher nutzen. Solarkollektoren, Verglasungssysteme oder transparente Dämmkonstruktionen (TWD) vor opaken Gebäudehüllflächen können so eine erhöhte Solarenergienutzung für das Gebäude ermöglichen, wenn diese über aktive Be- und Entladung meist mittels luftdurchströmter Bauteile gekoppelt werden. Die Gebäudemassen tragen jedoch nur zur kurzzeitigen Speicherung für eine Periode von 3 bis 5 Tagen bei. Größenordnungsmäßig lassen sich 20 bis 30 %

der auf die Kollektoroberflächen einfallenden Strahlung zur Heizwärme-einsparung nutzen. Das entspricht bei senkrechten, südorientierten Kollektoren einer Energieeinsparung zwischen 70 und 110 kWh/(m<sup>2</sup> · a), bezogen auf die Kollektorfläche [L7, L8].

### 2.1.3 Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf  $Q_h$ , also die Wärme, die ein Heizkörper dem Raum zur Verfügung stellt, ergibt sich aus den Verlusten und Gewinnen wie folgt:

$$Q_h = Q_l - \eta \cdot (Q_i + Q_s) \quad [\text{kWh}] \quad (6)$$

mit:

$Q_l$  = Wärmeverluste (3)

$\eta$  = Ausnutzungsgrad der Gewinne (siehe 3.3.7)

$Q_i$  = Interne Gewinne (4)

$Q_s$  = Solare Gewinne (5)

Die Ermittlung des Energiebedarfs nach DIN V 18599 geschieht gegenüber DIN V 4108-6 in leicht abge-

änderter Form: der in DIN V 4108-6 definierte Heizwärmebedarf des Gebäudes wird im Verfahren der DIN V 18599 bereits mit den nutzbaren Wärmeeinträgen der Wärmeverteilung und der Speicherkomponenten der Anlagentechnik verrechnet und als sog. Nutzwärmebedarf bezeichnet. Aus diesem Grund können diese beiden Bestandteile der Energiebilanz auch nicht unmittelbar miteinander verglichen werden. Im Anschluss beider Berechnungsansätze werden die Verluste der Anlagentechnik bilanziert, die dann zum Heizenergiebedarf führen.

### 2.2 Heizenergiebedarf

Der notwendige Brutto-Heizenergiebedarf  $Q$  setzt sich aus dem Heizwärmebedarf  $Q_h$  und bei gekoppelter Erzeugung auch aus dem Trinkwasserbedarf  $Q_{TW}$ , den Verlusten der Heizanlage  $Q_{Anl}$ , abzüglich eventueller Anteile regenerativer Energie  $Q_r$ , zusammen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in den Verlusten der Heizanlage auch der Strom der Hilfsenergie

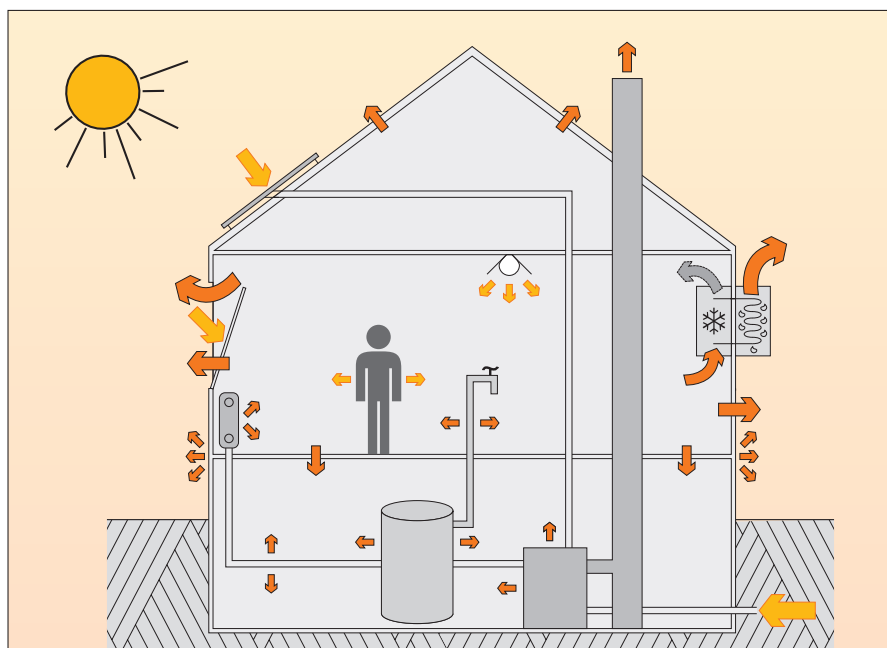


Bild 2.2: Schematische Darstellung der Verlust- und Gewinnquellen einer Gebäudeenergiebilanz

für Pumpen, Brenner, etc. enthalten ist. Der so ermittelte Heizenergiebedarf beinhaltet daher unter Umständen zwei oder mehr Energieträger und ist für Vergleiche mit gemessenen Verbräuchen entsprechend aufzuteilen. Nach DIN V 4108-6 ergibt er sich zu:

$$Q = Q_h + Q_{TW} + Q_{Anl} - Q_r \text{ [kWh]} \quad (7)$$

### 2.3 Primärenergiebedarf

Die Hauptanforderung der EnEV wird an den Primärenergiebedarf  $Q_p$  gestellt. Dieser umfasst den Heizenergiebedarf sowie alle Vorketten der zur Energieerzeugung erforderlichen fossilen Brennstoffe. Neben der Heizwärme werden der Trinkwasserwärmebedarf und die zum Betrieb der Anlagentechnik erforderliche Hilfsenergie, in der Regel elektrischer Strom, bilanziert. Die primärenergetische Bewertung erfolgt über normierte Primärenergiefaktoren  $f_p$  der einzelnen Primärenergien nach DIN V 4701-10 [R11] gemäß Tabelle 2.1 und nach folgender Beziehung:

$$Q_p = \sum_i Q_i \cdot f_{p,i} \text{ [kWh]} \quad (8)$$

mit

$Q_i$  = Endenergie nach Energieträger  
 $f_p$  = Primärenergiefaktor gemäß Tabelle 2.1

Der vorhandene auf die Nutzfläche bezogene Primärenergiebedarf  $q_p''$  eines Wohngebäudes lässt sich nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 vereinfachend wie folgt berechnen:

$$q_p'' = e_p \cdot (q_H + 12,5) \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{a)]} \quad (9)$$

**Tabelle 2.1: Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbar)  $f_p$  nach DIN V 18599-1 : 2011-12 und EnEV 2016**

Energieträger*	Primärenergiefaktoren $f_p$	
Brennstoffe	Heizöl EL	1,1
	Erdgas H	1,1
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
	Braunkohle	1,2
	Holz	0,2
Nah-/Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)**	fossiler Brennstoff	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	0,1
Strom	allgemeiner Strommix	1,8
	Verdrängungsstrommix	2,8
Umweltenergie	Solarenergie, Umgebungswärme	0,0
Biomasse	fest und flüssig, gemäß EEWärmeG	0,5

\* Bezugsgröße Endenergie: unterer Heizwert  $H_i$

\*\* Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %

mit:

$e_p$  = Primärenergetische Aufwandszahl der Gesamtanlage  
 $q_H$  = Nutzflächenbezogener Heizwärmebedarf nach DIN V 4108-6  
 12,5 = Nutzflächenbezogener Trinkwasserwärmebedarf nach DIN V 4701-10 in kWh/(m<sup>2</sup> · a)

#### Hinweis:

Die Aufwandszahl  $e_p$  beinhaltet sämtliche Anlagenverluste für Trinkwassererwärmung, Heizungs- und Lüftungstechnik inklusive der elektrischen Hilfsenergie. Die Teilaufwandszahlen sind in DIN V 4701-10 hinterlegt und werden mit dem entsprechenden Primärenergiefaktor gewichtet.

In Bild 2.3 ist exemplarisch die Energiebilanz eines Hauses mit ihren Bestandteilen qualitativ dargestellt. Die linke Seite stellt die Energieverluste, die rechte Seite die Energieeinträge

(Gewinne) in das Gebäude dar. Aus dieser Betrachtung wird deutlich, dass durch die Reduzierung der Transmissionswärmeverluste allein nicht das volle Potential der sinnvollen Heizenergieeinsparmaßnahmen ausgeschöpft wird.

### 2.4 Klima- und Nutzereinflüsse

Die Ergebnisse, die aus den zuvor definierten Energiebilanzen abgeleitet werden, sind maßgeblich durch die zugrunde gelegten Randbedingungen beeinflusst. Die Klimadaten und der rechnerische Ansatz der Nutzungsbedingungen stellen den Schwerpunkt dar.

Den EnEV-Nachweisen liegt das „synthetische“ Klima eines mittleren deutschen Standorts zugrunde. Sowohl die Außenlufttemperaturen als auch die Solarstrahlung können standort- und jahresbedingt erheblich von diesen Mittelwerten abweichen. Die



in den Anhängen der DIN V 4108-6 [R7] niedergelegten Wetterdaten der 15 verschiedenen Klimazonen weisen Unterschiede in den Heizgradtagszahlen von -12 % bis +35 % aus. Auch die Solarstrahlung schwankt um den Mittelwert zwischen -13 % und +10 %. Dabei sind extreme Jahre nicht berücksichtigt. Weiterhin muss unbedingt beachtet werden, dass die Dauer der Heizperiode vom Heizwärmebedarf eines Gebäudes, d.h. von seinem Dämmstandard, abhängt. Je besser ein Haus gedämmt ist, desto kürzer wird die Heizzeit, desto weniger arbeitet die Heizanlage, aber um so geringer wird deren Nutzungsgrad!

Der Wohnungsnutzer beeinflusst durch das gewählte Temperaturniveau und durch sein Lüftungsverhalten maßgeblich die Energiebilanz und damit den Heizenergieverbrauch. Eine Vielzahl wissenschaftlich verfolgter, d.h. gemessener und ausgewerteter Niedrigenergiehausvorhaben der letzten Jahre zeigt, dass der Nutzer entscheidend in die Energiebilanz eingreift [L9].

Es zeigt sich z. B., dass über viele Objekte gemittelt, der Mittelwert der Innentemperatur bei etwa 20° C liegt. Die Abweichung von der Mitteltemperatur zwischen den ausgewerteten Vorhaben beträgt allerdings ca. 5 Kelvin. Die Temperaturen zu Beginn und Ende der Heizperiode liegen ca. 1 Kelvin über den Werten in der Mitte der Heizperiode. Betrachtet man typische Temperaturverläufe getrennt nach Ein- und Mehrfamilienhäusern, kann man feststellen, dass in Einfamilienhäusern ein um ca. 2 Kelvin niedrigeres Temperaturniveau vorliegt. In der Hauptheizzeit beträgt die mittlere Raumlufttemperatur der Einfamilienhäuser ca. 19° C, die der Mehrfamilienhäuser ca. 21° C. Ein Temperaturunterschied von 1 Kelvin Raumtemperatur bewirkt einen Mehr-/Minderverbrauch von durchschnittlich 5 %.

Das Lüftungsverhalten der Bewohner hängt neben der erforderlichen Lüfter-

neuerung von vielen weiteren Parametern wie Kontakt mit der Außenwelt, Außenlärm und Vielem mehr ab. Es kann durch die Fensteröffnungszeiten, die sich über Magnetkontakte erfassen lassen, beschrieben und quantifiziert werden. Diese täglichen Fensteröffnungszeiten als Produkt aus Zeit und Summe aller Fenster einer Wohneinheit zeigen ein Spektrum mit einem Mittelwert von ca. 2 Stunden pro Tag während der Heizperiode. Dabei verhalten sich die Bewohner in fenstergelüfteten Häusern sehr ähnlich zu denen, die eine Wohnungslüftungsanlage einsetzen. Ein Lüftungssystembedingtersignifikanter Unterschied ist nicht zu erkennen. Die Fenster werden in den kalten Wintermonaten etwa 1,5 Stunden pro Tag in ausschließlich fenstergelüfteten und weniger als 1 Stunde in mit Lüftungsanlagen ausgestatteten Häusern geöffnet. In den Übergangsjahreszeiten werden die Fenster grundsätzlich sehr viel häufiger geöffnet, nämlich zwischen 3 und 5 Stunden pro Tag. Man erkennt, dass bei allen Gebäudearten und Lüftungssystemen große Schwankungsbereiche auftreten. Der Mittelwert hat bei allen Systemen tendenziell den gleichen Verlauf. Es bleibt allerdings

festzuhalten, dass in allen Gebäudetypen mit oder ohne Lüftungssystem zu jeder Jahreszeit ein Fensteröffnen stattfindet.

Die Auswertung der umfangreichen Messvorhaben [L10] zeigt, dass sowohl in fenstergelüfteten als auch in mechanisch belüfteten Wohnungen der Luftaustausch durch Fensteröffnen eine dominante Größe beim Heizenergieverbrauch darstellt. Er bewirkt im Mittel über die Heizperiode einen Luftwechsel von 0,2 bis 0,4 h<sup>-1</sup>. Der Infiltrationsluftwechsel durch Undichtheiten der Gebäudehülle ist diesem Luftwechsel untergeordnet. Mit zunehmend besserer Bauqualität wird er künftig 0,1 h<sup>-1</sup> nicht mehr übersteigen. Die Wohnungslüftungsanlagen erhöhen den Luftwechsel um ca. 0,3 bis 0,4 h<sup>-1</sup>.

Der tägliche Trinkwarmwasserbedarf von Wohnungen mit 3 - 4 Personen liegt bei einer mittleren Speichertemperatur von 50° C zwischen 70 und 150 Litern. Es sind allerdings auch hiervon stark abweichende Verbrauchswerte bekannt, so dass in diesem Energieverbrauchssektor die Nutzereinflüsse bestimmend sind.

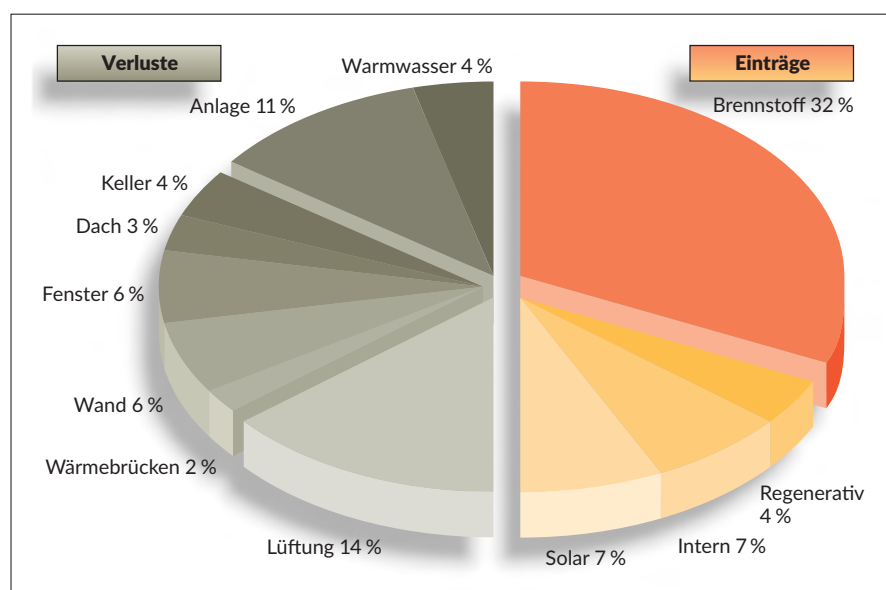


Bild 2.3: Beispielhafte Endenergiebilanz eines Niedrigenergiehauses

Die höchsten Energieverluste im Heizanlagensektor entstehen im Bereich der Verteilverluste. Liegen die Heizungs- und Warmwasserverteilerleitungen vorwiegend in unbeheizten Gebäudезonen und herrschen hohe Systemtemperaturpaarungen und eventuell lange Zirkulationszeiten vor, werden erhebliche Energiemengen ungenutzt verschwendet. Obwohl die Heizkessel heutzutage durchweg Außentemperaturgesteuert sind, hat auch der Nutzer noch Einfluss auf eine, z. B. frühzeitige Heizungsabschaltung in warmen Perioden, oder aber auf eine nur zu bestimmten Zeiten eingeschaltete Zirkulationspumpe für die Warmwasserversorgung. Die Nutzungsgrade der Zentralheizungen lassen sich durch benutzergesteuerte Eingriffe erheblich beeinflussen, wenngleich abgesicherte Zahlenangaben in diesem Bereich kaum verfügbar sind.

### 3 Monatsbilanzverfahren nach DIN V 4108-6

#### 3.1 Verfahrensweg

Mit dem Monatsbilanzverfahren der DIN V 4108-6 lassen sich umfangreiche bauliche Maßnahmen detailliert bewerten.

Der wesentliche Unterschied zum vereinfachten Verfahren besteht darin, dass monatliche Gesamtbilanzen gebildet werden. Dabei wird im jeweiligen Monat aus dem Gewinn-/Verlust-Verhältnis der Ausnutzungsgrad  $\eta_a$  der Gewinne gebildet und daraus der monatliche Heizwärmebedarf ermittelt. Abschließend werden die positiven monatlichen Heizwärmebedarfswerte addiert und führen so zum Jahresheizwärmebedarf  $Q_H$ .

Gegenüber dem vereinfachten Verfahren lassen sich folgende Maßnahmen zusätzlich bilanzieren:

1. Differenzierte Bewertung von Bauteilen an unbeheizte Bereiche und an Erdreich
2. Berücksichtigung von Zusatzverlusten aus Flächenheizungen
3. Berücksichtigung maschineller Lüftung mit und ohne Wärmehückgewinnung
4. Berücksichtigung individueller interner Gewinne
5. Berücksichtigung individueller Verschattungen
6. Berücksichtigung unbeheizter Glasvorbauten
7. Berücksichtigung solarer Wärmegewinne von opaken Bauteilen
8. Berücksichtigung transparenter Wärmedämmung
9. Berücksichtigung des exakten Speichervermögens eines Gebäudes
10. Berücksichtigung individueller Heizungstemperaturabsenkungen

DIN V 18599 bilanziert die Energieflüsse in ähnlicher Form wie DIN V 4108-6 monatsweise. Dabei werden allerdings die anlagentechnischen Verluste sowie die Effizienz der Wärmeerzeuger ebenfalls monatlich ermittelt und so bereits bis zum Primärenergiebedarf bilanziert. Diese Art der Bilanzierung ermöglicht eine detailliertere Betrachtung der Anlagenkomponenten, erfordert dafür aber einen wesentlich höheren Bearbeitungsaufwand und eine genauere Kenntnis der einzelnen anlagentechnischen Kennwerte.

#### Hinweis:

Maschinell gekühlte Wohngebäude dürfen nur noch mit Hilfe des Bilanzverfahrens gemäß DIN V 18599 bilanziert werden.

Die Rechenalgorithmen der zuvor aufgelisteten Bilanzanteile sind in Einzelfällen sehr kompliziert und werden daher in dieser Broschüre nur auszugs-

weise aufgeführt. Das Ziegel Bauphysiksoftware Modul Energie 20.20 der Ziegelindustrie beinhaltet alle zuvor genannten Sonderfälle und lässt eine einfache Berechnung der Effekte zu. Im Rahmen des EnEV-Nachweises können eine Reihe von vereinfachenden Annahmen getroffen werden. Diese werden im Folgenden unter den entsprechenden Bilanzanteilen dargestellt.

### 3.2 Ermittlung der Wärmeverluste

#### 3.2.1 Transmissionswärmeverluste

Summiert werden sämtliche mit deren  $U_i$ -Werten multiplizierte Bauteilflächen  $A_i$  unter Berücksichtigung der dazu gehörenden Temperatur-Korrekturfaktoren  $F_{xi}$ . Die temperaturspezifischen Transmissionswärmeverluste  $H_T$  eines Gebäudes erhält man wie folgt:

$$H_T = \sum U_i \cdot A_i \cdot F_{xi} + H_{WB} + \Delta H_{T,FH} \quad [W/K] \quad (10)$$

Die Temperatur-Korrekturfaktoren  $F_{xi}$  werden vereinfachend nach der Tabelle 3.1 angesetzt, die Werte erdberührender Bauteile können nach DIN EN ISO 13370 [R14] monatlich exakt ermittelt werden.

#### Hinweis:

Bei Anwendung des Ziegel Bauphysiksoftware Moduls Energie 20.20 werden die notwendigen pauschalen Temperatur-Korrekturfaktoren automatisch ausgewählt und zugeordnet.

Der Term  $H_{WB}$  beschreibt die Transmissionswärmeverluste über Wärmebrücken, die nach DIN V 4108-6 gesondert ausgewiesen werden müssen. Die EnEV ermöglicht hierzu vier verschiedene Nachweisverfahren an:

**Tabelle 3.1: Pauschale Temperatur-Korrekturfaktoren bei Anwendung des Monatsbilanzverfahrens nach DIN V 4108-6**

Wärmestrom nach außen über	Kennung	Temperatur-Korrekturfaktor $F_{xi}$
Außenwand, Fenster	$F_{AW}, F_w$	1
Dach	$F_D$	1
Oberste Geschossdecke an unbeheiztem Dachraum	$F_D$	0,8
Abseiten-/Drempelwand	$F_u$	0,8
Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	$F_u$	0,5
Wände und Decken zu niedrig beheizten Räumen	$F_{nb}$	0,35
Wand/Fenster zu unbeheiztem Glasvorbau mit:		
Einfachverglasung	$F_u$	0,8
Zweischeibenverglasung		0,7
Wärmeschutzverglasung		0,5
Fußboden des beheizten Kellers	$F_G = F_{bf}$	0,2 - 0,45*
Wand des beheizten Kellers	$F_G = F_{bw}$	0,4 - 0,6*
Fußboden auf dem Erdreich ohne Randdämmung	$F_G = F_{bf}$	0,25 - 0,6*
Fußboden auf dem Erdreich mit Randdämmung ≥ 5 m breit, waagrecht** ≥ 2 m tief, senkrecht**	$F_G = F_{bf}$	0,2 - 0,3* 0,15 - 0,25*
Kellerdecke/Innenwand zum unbeheizten Keller:		
mit Perimeterdämmung	$F_G$	0,45 - 0,55*
ohne Perimeterdämmung		0,55 - 0,7*
Aufgeständerter Fußboden	$F_G$	0,9
Bodenplatte niedrig beheizter Räume	$F_G$	0,1 - 0,55*

\* Zahlenwert abhängig vom Wärmedurchlasswiderstand und den Abmessungen des Bauteils.

\*\* Bei ungedämmter Bodenplatte und  $R_{Dämmung} > 2 (m^2 \cdot K)/W$

- a) Berücksichtigung durch Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um  $\Delta U_{WB} = 0,1 W/(m^2 \cdot K)$  für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche,
- b) bei Anwendung von Planungsbeispielen nach DIN 4108, Beiblatt 2: Berücksichtigung durch Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um  $\Delta U_{WB} = 0,05 W/(m^2 \cdot K)$  für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche,
- c) werden mehr als 50 % der Außenwände von Bestandsgebäuden mit einer Innendämmung versehen und von einbindenden Massivdecken durchdrungen, beträgt der Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB} = 0,15 W/(m^2 \cdot K)$ ,

- d) durch genauen Nachweis der Wärmebrücken nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit weiteren anerkannten Regeln der Technik.

$$\text{Fälle a) bis c)} \\ H_{WB} = \Delta U_{WB} \cdot A \quad [W/K] \quad (11)$$

$$\text{Fall d)} \\ H_{WB} = \sum l \cdot \Psi_e \quad [W/K] \quad (12)$$

Die Ermittlung der Einzelwerte aller maßgeblichen Wärmebrücken ist in Kapitel 6 ausführlich beschrieben.

Werden Außenbauteile mit integrierten Heizflächen, sogenannten Flächenheizungen wie z. B. Fußboden- oder Wandheizungen eingesetzt, entstehen durch deren über der Raumtemperaturen liegenden Systemtemperaturen zusätzliche Wärmeverluste  $\Delta H_{T,FH}$ , die wie folgt bilanziert werden können:

In Bauteilen an die Außenluft:

$$\Delta H_{T,FH} = \sum R_i / (1/U_0 - R_i) \cdot H_0 \cdot \xi \quad [W/K] \quad (13)$$

In Bauteilen an das Erdreich grenzend:

$$\Delta H_{T,FH} = \sum R_i / (A_h/L_S - R_i) \cdot H_0 \cdot \xi \quad [W/K] \quad (14)$$

für  $L_S$  kann vereinfachend  $U_0$  eingesetzt werden.

In Bauteilen an unbeheizte Räume:

$$\Delta H_{T,FH} = \sum R_i / (1/(b \cdot U_0) - R_i) \cdot H_0 \cdot \xi \quad [W/K] \quad (15)$$

für  $b$  kann vereinfachend  $F_x$  eingesetzt werden,

mit:

$R_i$  = Wärmedurchlasswiderstand zwischen Heizelement und Raumluft

$U_0$  = Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils

$H_0$  = spez. Wärmeverlust des Raumes

$\xi$  = Deckungsanteil des Heizelements am Raumwärmebedarf

$A_h$  = Heizfläche in der Gebäudehülle.

#### Hinweis:

Beträgt der Wärmedurchlasswiderstand  $R \geq 2,5 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$  zwischen der Heizfläche und dem Erdreich bzw. Gebäudeteilen mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen oder  $R \geq 4,0 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$  zwischen der Heizfläche und der Außenluft, darf auf die gesonderte Ermittlung des zusätzlichen spezifischen Transmissionswärmeverlustes  $\Delta H_{T,FH}$  verzichtet werden. (Auslegung zur EnEV - VIII. Staffel).

### 3.2.2 Lüftungswärmeverluste bei freier Lüftung

Die temperaturspezifischen Lüftungswärmeverluste eines Gebäudes mit Fensterlüftung ergeben sich aus dem belüfteten Netto-Volumen  $V$ , der Luftwechselzahl  $n$ , die besagt, wie häufig das gesamte Luftvolumen in einer Stunde ausgetauscht wird und der spezifischen Wärmespeicherkapazität der Luft von  $0,34 \text{ Wh/(m}^3 \cdot \text{K)}$ :

$$H_V = 0,34 \cdot n \cdot V \quad [\text{W/K}] \quad (16)$$

Das Netto-Volumen  $V$  ergibt sich nach EnEV für kleine Wohngebäude unter 3 Vollgeschossen zu  $0,76 \cdot V_e$ .  $V_e$  ist das von der wärmetauschenden Hüllfläche des Gebäudes umfasste Bruttovolumen. Größere Wohngebäude sind mit  $V = 0,8 \cdot V_e$  zu berechnen.

#### Hinweis:

Die EnEV-Nachweisführung erfolgt standardmäßig mit dem Wert  $n = 0,55 \text{ h}^{-1}$ , da im Referenzgebäude eine mechanische Abluftanlage vorgesehen ist und somit eine erfolgreiche Prüfung der Luftdichtheit der Gebäudehülle obligatorisch ist. Falls keine mechanische Lüftungsanlage vorgesehen ist und der Luftwechsel über eine Fensterlüftung sicherge-

stellt wird, kann bei erfolgreicher Dichtheitsprüfung mit einem Luftwechsel  $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$  gerechnet werden. Ist keine Blower-Door-Messung vorgesehen, beträgt  $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$ . In Bestandswohngebäuden mit offensichtlichen Undichtheiten der Gebäudehülle, z. B. an Fenstern oder im Dach, ist die Luftwechselzahl  $n = 1,0 \text{ h}^{-1}$  zu verwenden.

### 3.2.3 Lüftungswärmeverluste bei maschineller Lüftung

Gebäude mit einer mechanischen Lüftungsanlage – mit oder ohne Wärmerückgewinnung – weisen neben der planmäßigen Lüftung zusätzliche Lüftungswärmeverluste über Leckagen oder zusätzliches Fensterlüften auf. Daher ergibt sich eine zusammengesetzte rechnerische Luftwechselzahl  $n$  die zu folgender Gleichung führt:

$$H_V = 0,34 \cdot (n_{\text{Anl}} \cdot (1 - \eta_V) + n_x) \cdot V \quad [\text{W/K}] \quad (17)$$

mit:

- $n_{\text{Anl}}$  = Anlagenluftwechselrate
- $\eta_V$  = Nutzungsfaktor des Wärmeübertragers
- $n_x$  = zusätzliche Luftwechselrate infolge Undichtheiten und Fensterlüftung; im Rahmen des EnEV Nachweises ist hier der Wert  $0,2 \text{ h}^{-1}$  anzusetzen.

#### Hinweis:

Die EnEV-Nachweisführung erlaubt die Anrechnung von Lüftungsanlagen nur für den Fall, dass eine besonders luftdichte Gebäudehülle vorhanden ist. Deren Dichtheit muss mittels Blower-Door-Test nachgewiesen werden.

### 3.2.4 Gesamtverluste

Aus den temperaturspezifischen Wärmeverlusten  $H_T$  und  $H_V$  lassen sich die monatlichen Wärmeverluste  $Q_{i,M}$  analog Formel (3) wie folgt ermitteln:

$$Q_{i,M} = (H_T + H_V) \cdot 24/1000 \cdot (\theta_i - \theta_{e,M}) \cdot t_M \quad [\text{kWh}] \quad (18)$$

mit:

- $(\theta_i - \theta_{e,M})$  = Temperaturdifferenz innen – außen des Monats
- $t_M$  = Anzahl der Tage des Monats

Die Raumtemperatur  $\theta_i$  soll für beheizte Gebäude nach EnEV mit  $19^\circ \text{C}$  angesetzt werden. Darin enthalten ist ein sogenannter Teilbeheizungsfaktor für indirekt beheizte Räume innerhalb der thermischen Hülle und für Zeiten der Abwesenheit mit unplanmäßig reduzierten Raumtemperaturen. Die Außenlufttemperatur  $\theta_{e,M}$  ist für verschiedene Standorte Deutschlands tabelliert. Im Rahmen des EnEV-Nachweises muss mit den Temperaturen des mittleren deutschen Standorts gerechnet werden.

## 3.3 Ermittlung der Wärmegewinne

### 3.3.1 Interne Wärmegewinne

Die monatlichen Wärmegewinne  $Q_{i,M}$  ergeben sich aus nutzflächenabhängigen, tabellierten Wärmeleistungen, die DIN V 4108-6 zu entnehmen sind. Im Rahmen des EnEV-Nachweises sind pauschale Mittelwerte zu verwenden.

Daraus wird:

$$Q_{i,M} = q_i \cdot A_N \cdot 24/1000 \cdot t_M \quad [\text{kWh}] \quad (19)$$

mit:

- $q_i$  =  $5 \text{ W/m}^2$  bei Wohngebäuden
- $A_N$  = beheizte Gebäudenutzfläche



### 3.3.2 Solare Wärmegevinne durch transparente Bauteile

Die Solargewinne  $Q_{s,M}$  durch die Fensterflächen können für vier Haupthimmelsrichtungen, vier Zwischenrichtungen und für vier unterschiedliche Flächenneigungen und die Horizontale ermittelt werden. Die Bilanzformel lautet:

$$Q_{s,M} = \sum I_{s,M} \cdot \sum F_F \cdot F_s \cdot F_c \cdot 0,9 \cdot g_L \cdot A_w \cdot 24/1000 \cdot t_M \quad [\text{kWh}] \quad (20)$$

mit:

$F_F$  = Abminderungsfaktor Rahmenanteil (0,6 - 0,9)

$F_s$  = Abminderungsfaktor Verschattung

$F_c$  = Abminderungsfaktor Sonnenschutz

$g_L$  = Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

$A_w$  = Fensterfläche laut Rohbaumaß

Die Solarstrahlung  $I_{s,M}$  ist für verschiedene Standorte Deutschlands tabelliert. Im Rahmen des EnEV-Nachweises muss mit Strahlungsdaten des mittleren deutschen Standorts gerechnet werden.

#### Hinweis:

Die Verschattungsfaktoren  $F_s$  zur Berücksichtigung dauerhaft vorhandener baulicher Verschattungen und  $F_c$  für Sonnenschutzvorrichtungen können entsprechenden Tabellen der DIN V 4108-6 entnommen werden. Der  $F_s$ -Wert wird im EnEV-Nachweis pauschal zu 0,9 festgelegt.  $F_c$  sollte bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs immer 1,0 betragen, d.h. es ist keine Sonnenschutzvorrichtung eingesetzt (vgl. auch Tab. 11.2).

### 3.3.3 Solare Wärmegevinne durch opake Bauteile

Auch opake, d.h. nicht transparente Oberflächen nehmen Solarstrahlung auf, wandeln sie in Wärme um und lassen einen Teil dieser Wärme in das Gebäudeinnere. Die Farbgestaltung der Oberfläche beeinflusst die Absorption maßgeblich. Dies wird durch den Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha$  für das energetisch wirksame Spektrum des Sonnenlichts beschrieben und nach folgender Formel bilanziert:

$$Q_{s,op} = U \cdot A \cdot R_e \cdot (\alpha \cdot I_s - F_f \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}) \cdot 0,024 \cdot t_M \quad [\text{kWh}] \quad (21)$$

mit:

$R_e$  = Wärmedurchlasswiderstand von der absorbierenden Schicht bis außen

$F_f$  = Formfaktor: 0,5 für senkrechte, 1,0 für waagerechte Bauteile bis 45° Neigung

$h_r$  = Abstrahlungskoeffizient für langwellige Abstrahlung =  $5 \cdot \epsilon$  mit  $\epsilon = 0,8$  (Standardannahme)

$\Delta\theta_{er}$  = Temperaturdifferenz zwischen Umgebungsluft und Himmel = 10 K

**Tabelle 3.2: Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha$  für das energetisch wirksame Spektrum des Sonnenlichts verschiedener Oberflächen nach DIN V 4108-6**

Oberfläche	$\alpha$
Wandflächen:	
heller Anstrich	0,4
gedeckter Anstrich	0,6
dunkler Anstrich	0,8
Klinkermauerwerk (dunkel)	0,8
helles Sichtmauerwerk	0,6
Dächer (Beschaffenheit):	
ziegelrot	0,6
dunkle Oberfläche	0,8
Metall (blank)	0,2
Bitumendachbahn (besandet)	0,6

#### Hinweis:

Die Gewinne auf opaken Oberflächen werden direkt von den Transmissionswärmeverlusten der Bauteile abgezogen und gehen damit als sog. negative Verluste bei der Ermittlung des Gewinn-/Verlust-Verhältnisses in den Nenner ein.

### 3.3.4 Transparente Wärmedämmung

Transparente Wärmedämmsysteme (TWD) lassen einen Teil der auftretenden Solarstrahlung bis zur dunklen Absorberschicht vordringen und führen so zu einer Erhöhung der Wandinnentemperatur. In der Bilanzformel muss daher der  $g_{Ti}$ -Wert der transparenten Dämmung inklusive Deckschicht eingesetzt werden sowie der Wärmedurchgangskoeffizient  $U_e$  dieser Schichten bekannt sein:

$$Q_{s,op} = (A \cdot F_s \cdot F_F \cdot \alpha \cdot g_{Ti} \cdot U/U_e \cdot I_s - U \cdot A \cdot F_f \cdot R_{se} \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}) \cdot 0,024 \cdot t_M \quad [\text{kWh}] \quad (22)$$

mit:

$\alpha$  = Absorptionskoeffizient der Absorberschicht

$U$  = U-Wert der Gesamtkonstruktion inklusive TWD

$F_F$  = „Rahmenanteil“ der TWD

$g_{Ti}$  = Gesamtenergiedurchlassgrad der TWD

$R_{se}$  = Wärmeübergangswiderstand zur Außenluft

### 3.3.5 Unbeheizte Glasvorbauten

Die Bilanzierung der Energieströme durch unbeheizte Glasvorbauten ist äußerst komplex und wird daher im Folgenden nur stichwortartig abgehandelt. Zuerst werden die durch den Glasvorbau und die angrenzenden Fenster und Wände in das Gebäude

einfallenden direkten Gewinne ermittelt. Dann erfolgt die Berechnung der im Glasanbau absorbierten Energie, die dort zu einer Temperaturerhöhung führt und somit als indirekter Gewinn eine Reduzierung der Transmissionswärmeverluste der angrenzenden Bauteile des Kernhauses bewirkt.

Folgende Angaben zur Berechnung sind notwendig:

1. Art der Verglasung des Glasvorbaus
2. Bodengrundfläche des Glasvorbaus
3. Absorptionskoeffizient des Bodens im Glasvorbau
4. Temperatur-Korrekturfaktor des Glasvorbaus
5. Kennwerte der Fenster zwischen Kernhaus und Glasvorbau
6. Absorptionskoeffizient der Außenwand des Kernhauses im Glasvorbau

### 3.3.6 Heizunterbrechung - Nachtabschaltung

Noch umfangreicher als die Ermittlung der Wärmeströme von Glasvorbauten ist die Berechnung der Auswirkung einer Nachtabschaltung der Heizung. Diese Rechenoperationen sind nur mittels PC-Simulation durchführbar und daher wird an dieser Stelle auf eine Darstellung verzichtet. Die Rechenformeln sind in Anhang C der DIN V 4108-6 dokumentiert und führen zu einem monatlichen negativen Wärmeverlust  $\Delta Q_{ij}$ , der mit den monatlichen Gesamtwärmeverlusten des Gebäudes verrechnet wird. Die Größenordnung der Reduktion, die im Rahmen des EnEV-Nachweises mit einer Nachtabschaltung von 7 Stunden bei Wohngebäuden angesetzt werden darf, liegt bei etwa 3 bis 5 % der Gesamtwärmeverluste.

### 3.3.7 Ausnutzungsgrad der Gewinne

Die internen und solaren Gewinne werden durch den Ausnutzungsgrad  $\eta$ , der sich aus der Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes und dem Verhältnis zwischen Gewinnen und Verlusten ergibt, abgemindert. Das Monatsbilanzverfahren lässt eine pauschalierte Bewertung der Speicherfähigkeit eines Gebäudes zu, oder aber die exakte Ermittlung aller im Gebäude eingesetzten effektiven Bauteilmassen. Hierzu ist es erforderlich, für die Speicherfähigkeit der raumumschließenden Flächen eine fiktive Größe, die sog. Zeitkonstante  $\tau$  zu ermitteln. Diese gibt die Länge der Auskühlungszeit eines Gebäudes bei 1 K Temperaturabsenkung an und wird nach Formel (24) ermittelt. Weiterhin ist der Ausnutzungsgrad wesentlich vom Gewinn-/Verlustverhältnis nach Formel (23) abhängig. Die in der Grafik, Bild 3.1, als theoretisch bezeichnete Kurve stellt die obere Begrenzungslinie des Ausnutzungsgrads dar. Praktisch ist daher nur der rot markierte Bereich nutzbar. Der durchschnittliche Nutzungsgrad üblicher Massivgebäude übersteigt 95 %, bei Leichtbauten liegt er etwa 5 % niedriger [L5, R7]. Die pauschalierten Rechenansätze nach DIN V 4108-6 lauten wie folgt:

Ermittlung des Gewinn-/Verlustverhältnisses  $\gamma$ :

$$\gamma = (Q_i + Q_s)/Q_l \quad (23)$$

Die Zeitkonstante ergibt sich zu:

$$\tau = C_{\text{wirk}}/H \quad [\text{h}] \quad (24)$$

mit:

$C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \cdot V_e$  für leichte Gebäude mit folgenden Merkmalen:

- Holztafelbauart ohne massive Innenbauteile
- abgehängte Decken und überwiegend leichte Trennwände
- hohe Räume (Turnhallen, Museen, usw.)

$C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \cdot V_e$  für schwere Gebäude mit folgenden Merkmalen:

- massive Innen- und Außenbauteile ohne untergehängte Decken

$H$  = spezifischer Wärmeverlust des Gebäudes

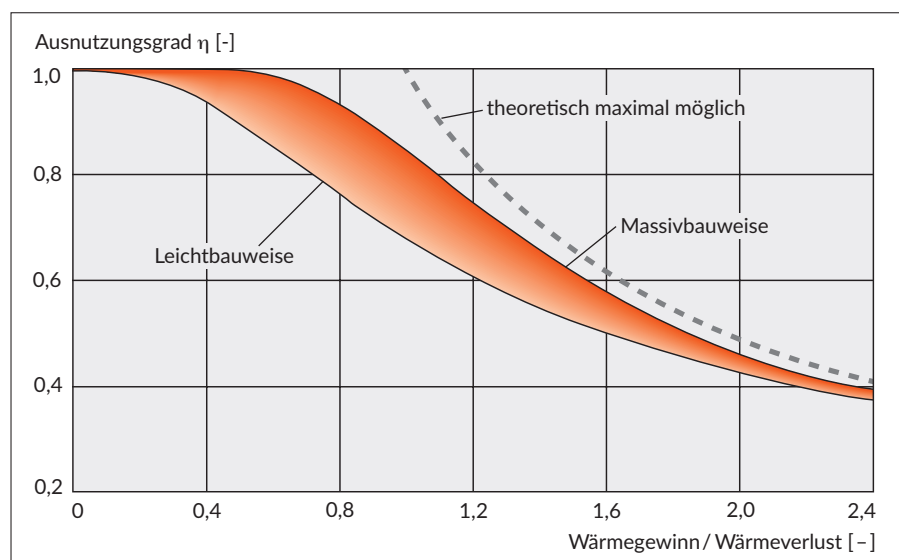


Bild 3.1: Ausnutzungsgrad der Gewinne in Abhängigkeit vom Wärmegewinn-/Verlustverhältnis

Der monatlich zu ermittelnde Ausnutzungsgrad  $\eta$  ergibt sich wie folgt:

oder:

Die Zahlenwerte des Ausnutzungsgrades liegen in den Sommermonaten bei 0 und in der kalten Winterzeit bei 1,0.

$$\eta = 1 - \gamma^a / (1 - \gamma^{a+1}) \quad \text{für } \gamma \neq 1 \quad (25)$$

$$\eta = a / (a + 1) \quad \text{für } \gamma = 1 \quad (26)$$

mit:  $a = 1 + (\tau/16 \text{ h})$

**Tabelle 3.3: Referenzwerte der Strahlungsintensitäten und der Außentemperaturen für das Referenzklima Deutschland**

Monat		Strahlungsangebot / Monatliche Mittelwerte (W/m <sup>2</sup> )												
		Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Orientierung	Neigung													
Horizontal	0	29	44	97	189	221	241	210	180	127	77	31	17	
	Süd	30	50	55	121	217	230	241	208	199	157	110	41	26
		45	57	56	124	214	218	224	194	193	160	119	44	29
		60	61	55	121	201	196	197	172	178	155	121	44	31
Süd-Ost	90	59	47	98	147	132	124	113	127	123	106	39	29	
	Süd-Ost	30	46	52	114	214	227	242	212	194	147	102	38	23
		45	51	53	116	212	217	229	201	188	148	107	39	25
		60	54	51	112	201	198	207	183	175	141	107	38	26
Süd-West	90	50	42	90	156	143	146	132	130	111	91	32	23	
	Süd-West	30	40	49	110	201	222	234	201	188	145	96	37	23
		45	43	48	110	195	209	218	188	181	145	99	38	24
		60	44	46	105	181	190	195	169	167	138	97	37	25
Ost	90	40	36	83	136	137	135	120	123	108	80	31	22	
	Ost	30	31	43	95	189	211	231	205	173	122	77	30	17
		45	31	41	91	181	198	217	194	163	115	74	28	16
		60	30	38	85	170	180	198	179	150	106	70	26	15
West	90	25	29	68	134	137	150	138	115	83	55	20	12	
	West	30	25	40	90	172	202	219	188	165	120	70	29	16
		45	24	36	84	159	187	201	174	153	112	65	27	16
		60	22	33	78	146	169	181	157	139	103	60	25	14
Nord-West	90	17	24	60	114	127	136	117	105	79	47	19	11	
	Nord-West	30	16	32	68	139	178	199	173	138	91	47	22	12
		45	15	28	58	116	151	169	149	116	77	40	20	11
		60	13	25	50	101	130	144	128	99	66	35	18	9
Nord-Ost	90	11	18	38	78	96	108	95	74	51	28	13	7	
	Nord-Ost	30	17	34	71	151	185	209	187	144	93	50	22	12
		45	15	29	61	131	160	181	167	123	79	42	20	11
		60	14	26	54	114	139	157	148	107	68	36	18	9
Nord	90	11	19	41	87	104	116	112	81	52	29	13	7	
	Nord	30	16	29	56	128	172	197	175	129	77	36	21	11
		45	15	26	43	90	136	161	145	95	56	33	19	10
		60	13	24	39	71	101	119	113	72	50	30	17	9
	90	10	18	31	58	75	83	81	57	41	25	13	7	
		<b>Außenlufttemperatur <math>\theta_e</math> °C</b>												
		1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9	

### 3.4 Ermittlung des Heizwärmebedarfs

Der Jahresheizwärmebedarf  $Q_h$  ergibt sich aus der Summierung der monatlichen positiven Bedarfswerte  $Q_{h,M}$ :

$$Q_h = \sum (Q_{i,M} - \eta_{a,M} \cdot (Q_{i,M} + Q_{s,M})) \quad [\text{kWh}] \quad (27)$$

Mit diesem vorläufigen Endergebnis nach DIN V 4108-6 wird der Nachweis der Anlagentechnik nach DIN V 4701-10 begonnen. Weitere Einzelheiten hierzu enthält Kapitel 8.

### 3.5 Klimadaten

Das Erstellen der Monatsbilanz muss mit normierten Klimadaten gemäß DIN V 4108-6 erfolgen. Das in Anhang D, Tabelle D.5 dieser Norm zugrunde gelegte Referenzklima ist für den öffentlich-rechtlichen Nachweis anzusetzen und mit der EnEV-Novelle 2014 auf die Klimadaten des Standortes Potsdam abgeändert werden. Die hier niedergelegten Klimadaten können durchaus um 30 % nach oben und unten von den tatsächlichen, in einem aktuellen Jahr gemessenen Temperaturen bzw. Einstrahlungsdaten abweichen, so dass ein Vergleich zu tatsächlichen Energieverbräuchen immer nur in Verbindung mit einer Klimadatenkorrektur möglich ist. Diese kann z. B. nach VDI 3807-1994 [R22] erfolgen. In der vorstehenden Tabelle 3.3 sind die Strahlungsintensitäten und die Außentemperaturen für einzelne Monate für Deutschland (Standort Potsdam) aufgeführt.

## 4 Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

### 4.1 Luftberührte Bauteile

Die in der Vergangenheit verwendeten sogenannten k-Werte werden nach den Rechenregeln der internationalen Norm DIN EN ISO 6946 „Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren“ [R15] errechnet. Neben geänderten Randbedingungen zum Wärmeübergang an flächigen Bauteilen und in Luftschichten ändert sich auch die Bezeichnung des Wärmedurchgangskoeffizienten vom k-Wert zum U-Wert. Der Anwendungsbereich der DIN EN ISO 6946 erstreckt sich auf flächige, luftberührte Bauteile. Er umfasst nicht die Ermittlung der U-Werte von Türen, Fenstern und anderen verglasten Einheiten sowie von erdberührten Bauteilen. Hierzu sind z.B. die DIN 4108-4 [R5] und die DIN 4108-2 [R3] anzuwenden.

#### 4.1.1 Standardfälle

Die Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen sind mit Hilfe des Bemessungswertes der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  der verwendeten Materialien und ihren Schichtdicken  $d$  zu berechnen. Diese Werte sind z. B. der DIN 4108-4 „Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte“ [R5], oder darüber hinaus der DIN EN 12524 „Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte“ [R16] zu entnehmen. Für nicht genormte Stoffe sind die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit z. B. in deren bauaufsichtlichen Zulassungen enthalten oder im Rahmen von Übereinstimmungsnachweisen festgelegt. Der U-Wert eines geschichteten, ebenen Bauteils errechnet sich wie folgt:

$$U = 1 / (R_{si} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + d_n/\lambda_n + R_{se}) \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (28)$$

$R_{si}$  und  $R_{se}$  bezeichnen die Wärmeübergangswiderstände innen und außen und entsprechen den ehemals gültigen  $1/\alpha$ -Werten. Die U-Werte müssen mit zwei Stellen hinter dem Komma gerundet werden [R15].

Weiterhin wird der U-Wert mit einem Index versehen:

AW	Außenwand
w	Fenster (window)
G	Erdreich (ground)
D	Dach
u	unbeheizt
nb	niedrig beheizt

Die Wärmeübergangswiderstände von der Raumluft zur Bauteiloberfläche  $R_{si}$  bzw. zur Außenumgebung  $R_{se}$  sind der Tabelle 4.1 zu entnehmen oder aber nach Anhang A der DIN EN ISO 6946 [R15] exakt zu ermitteln. Dabei muss beachtet werden, dass der Wärmeübergangswiderstand abgedeckter Außenoberflächen wie z. B. bei Dächern oder Vorhangfassaden, mit dem in der Vergangenheit bekannten  $1/\alpha_a$ -Wert von  $0,08 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$  zukünftig wie eine stark belüftete Luftschicht angesetzt werden muss. Dann wird  $R_{se}$  die gleiche Größenordnung annehmen, wie der auf der raumseitigen Oberfläche vorhandene  $R_{si}$ -Wert (siehe Zeile 3, Tabelle 4.1). Befindet sich im Bauteil eine ruhende Luftschicht, ergibt sich deren Wärmedurchlasswiderstand  $R$  in Abhängigkeit der Dicke der Luftschicht und der Richtung des Wärmestroms nach Tabelle 4.2. Diese Kennwerte gelten nur für den Fall, dass die Luftschicht von der Umgebung weitestgehend abgeschlossen ist. D.h., dass 500 mm<sup>2</sup> Belüftungsöffnungen pro laufendem Meter vertikalem Luftspalt bzw. m<sup>2</sup> Oberfläche bei horizontaler Luftschicht nicht überschritten werden dürfen. Dies bedeutet z. B., dass bei kerngedämmtem, zweischaligen Mauerwerk mit Entwässerungsöffnungen



in Form nicht vermörtelter Stoßfugen im Sockelbereich von einer ruhenden Luftschicht zwischen Dämmung und Vormauerung ausgegangen werden kann.

Sind Luftschichten vorhanden, die als schwach belüftet anzusehen sind – Lüftungsöffnungen zwischen 500 und 1500 mm<sup>2</sup> pro m bzw. m<sup>2</sup>, wird mit der Hälfte des in Tabelle 4.2 angegebenen Wertes gerechnet. Dabei ist hier eine Ausnahme bei Außenschichten (zwischen Luftschicht und Umgebung) mit R-Werten > 0,15 (m<sup>2</sup> · K)/W zu beachten: Der Wärmedurchlasswiderstand dieser Außenschicht darf nur mit einem Höchstwert von 0,15 (m<sup>2</sup> · K)/W angesetzt werden. In der Baupraxis werden schwach belüftete Luftschichten in der Regel kaum zu finden sein. Anders verhält es sich mit stark belüfteten Luftschichten. Diese befinden sich z. B. unterhalb einer Dacheindeckung aus Dachziegeln oder ggf. in der darunter liegenden unteren Belüftungsebene zwischen Wärmedämmung und z. B. Unterspannbahn. Sie weisen definitionsgemäß Öffnungen zur Außenumgebung > 1500 mm<sup>2</sup> Belüftungsöffnung pro laufendem Meter vertikalem Luftspalt bzw. m<sup>2</sup> Oberfläche bei horizontaler Luftschicht auf.

**Hinweis:**

Zweischaliges Mauerwerk mit belüfteter Luftschicht nach DIN EN 1996 fällt unter die Definition „stark belüftet“. Die Luftschicht und die Vormauerschale werden somit bei der U-Wert-Ermittlung nicht berücksichtigt, statt dessen wird der äußere Wärmeübergangswiderstand  $R_{se}$  nach Tabelle 4.1, Zeile 3, Spalte 1 von 0,13 (m<sup>2</sup> · K)/W, angesetzt.

**4.1.2 Sonderfälle**

Der Wärmedurchlasswiderstand eines aus homogenen und inhomogenen Schichten zusammengesetzten Bauteils soll nach einem recht komplizier-

**Tabelle 4.1: Wärmeübergangswiderstände R, nach [R5]**

Wärmeübergangswiderstand [(m <sup>2</sup> · K)/W]	Richtung des Wärmestroms		
	aufwärts	horizontal	abwärts
$R_{si}$ - Innenraum	0,10	0,13*	0,17
$R_{se}$ - Außenluft, nicht abgedeckt	0,04	0,04	0,04
$R_{se}$ - Außenluft, abgedeckt und hinterlüftet	0,13	0,13	0,13

\* über ± 30° zur horizontalen Ebene

**Tabelle 4.2: Wärmedurchlasswiderstand R [(m<sup>2</sup> · K)/W] von ruhenden Luftschichten in Abhängigkeit der Dicke der Luftschicht und der Richtung des Wärmestroms, nach [R15] (Zwischenwerte dürfen interpoliert werden)**

Dicke der Luftschicht [mm]	Richtung des Wärmestroms		
	aufwärts	horizontal*	abwärts
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

\* über ± 30° zur horizontalen Ebene

ten Schema mit einer Grenzwert- und Fehlerbetrachtung nach DIN EN ISO 6946 ermittelt werden. Dieser Fall trifft z. B. für die U-Wert-Berechnung typischer Sparrendächer zu, da Dämmschichten neben Holzsparren mit unter Umständen abweichender Höhe liegen können oder aber bei Unter-/Übersparrendämmungen Felder übergreifende Schichtungen vorliegen. Vereinfachend kann empfohlen werden, die U-Wert-Berechnungen für den Sparren- und den Gefachbereich jeweils getrennt durchzuführen und dabei jeweils eine homogene Schichtung anzunehmen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Verfahren ist äußerst gering und beträgt bei  $U_D$ -Werten der Dächer zwischen 0,15 und 0,3 W/(m<sup>2</sup> · K) maximal 5 %. Bei Sparren-/Gefach-Anteilen < 10/90 % liegt er unter

3 % und findet sich erst an 3. Stelle hinter dem Komma wieder. Die Ermittlung des richtigen Flächenanteils ist für die korrekte  $U_D$ -Wert Ermittlung daher von wesentlich größerer Bedeutung als die Anwendung des ausführlichen Berechnungsgangs [L20, L21].

Ebenfalls kompliziert ist die vereinfachte „exakte“ Berechnung keilförmiger Schichten, z. B. Flachdachdämmungen mit Gefälle. Auch hier kann empfohlen werden, abschnittsweise mittlere, auf der sicheren Seite liegende homogene Schichtdicken bei der U-Wert-Ermittlung anzusetzen.

U-Wert-Korrekturen für Bauteile mit Dämmschichten, an deren Rückseite eine Luftzirkulation auftreten kann (z. B. nicht sorgfältig aufgebrachte

WDVS), können je nach Ausführung mit  $\Delta U$ -Werten beaufschlagt werden. Dies trifft ebenso für punktuelle, eine Dämmschicht durchdringende Befestigungen zu. Auf diese Fälle wird im Einzelnen allerdings nicht weiter eingegangen, da hierzu Regelungen z. B. in bauaufsichtlichen Zulassungen derartiger Produkte getroffen sind.

Bei Einsatz von Umkehrdächern aus extrudierten Polystyrolplatten, die nicht langfristig durch Wasser überstaut sein dürfen und gleichzeitig mit einer Kiesschicht oder einem anderen geeigneten Material abgedeckt sind, werden ebenfalls mit einem Zuschlag  $\Delta U$  versehen, abhängig vom raumseitigen, unterhalb der Abdichtung liegenden Anteil des gesamten Wärmedurchlasswiderstandes. Weitere Angaben sind den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen dieser Produkte zu entnehmen.

#### 4.2 U-Wert-Ermittlung von Türen, Fenstern und verglasten Bauteilen

Die Ermittlung der U-Werte transparenter Bauteile ist geregelt in DIN EN ISO 10077-1 [R17] – ausgenommen Dachflächenfenster und auf Grund ihrer komplexen Rahmenkonstruktion Vorhang- und Ganzglasfassaden. Die  $U_w$ -Werte setzen sich aus dem  $U_g$ -Wert der Verglasung, dem  $U_f$ -Wert des Rahmens und dem längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi_g$  des Glas-Abstandhalter-Verbundes

**Tabelle 4.3: Korrekturen  $\Delta U$  der Wärmedurchgangskoeffizienten von Umkehrdächern nach [R3]**

Raumseitiger Anteil des Wärmedurchlasswiderstandes [%]	$\Delta U$ [W/(m <sup>2</sup> · K)]
< 10	0,05
10 - 50	0,03
> 50	0

zusammen. Weiterhin müssen Korrekturen z. B. zur Berücksichtigung von Sprossen vorgenommen werden (vgl. Kapitel 5). Der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_{w,BW}$  entspricht gemäß DIN 4108-4 dem vom Fensterhersteller angegebenen Nennwert  $U_w$ .

#### 4.3 U-Wert-Ermittlung erdberührter Bauteile

Diesen, normalerweise nach DIN EN ISO 13370 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich“ [R14] zu behandelnden Fall regelt die DIN 4108-2 auf vereinfachende Weise. Dazu ist der sog. konstruktive Wärmedurchlasswiderstand  $R$  definiert worden, dem der innere Wärmeübergangswiderstand aufaddiert wird, um dann den entsprechenden U-Wert zu ermitteln. Grundsätzlich werden die raumseitig der Gebäudeabdichtung liegenden Materialschichten analog der Vorgehensweise bei luftberührten Bauteilen berücksichtigt. Im Erdreich liegende, äußere Wärmedämmschichten z. B. aus extrudiertem Polystyrol oder Schaumglas, werden als sog. Perimeterdämmung bezeichnet. Sie werden bei der  $U_G$ -Wert-Ermittlung dann voll angerechnet, wenn diese Dämmung nicht ständig im Grundwasser liegt, lang anhaltendes Stauwasser oder drückendes Wasser vermieden wird und die Dämmplatten dicht gestoßen und im Verband verlegt eben auf dem Untergrund aufliegen [R3].

## 5 Tabellierte Baustoff-/ Bauteilkennwerte

### 5.1 Außenwände

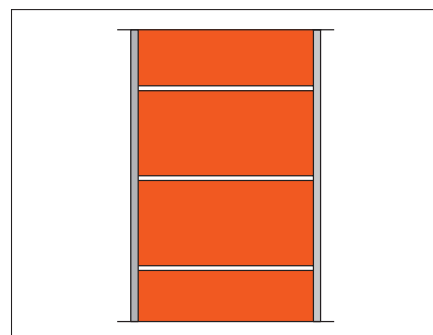
Im Außenwandbereich haben sich sowohl die monolithischen Außenwände ohne jegliche Zusatzdämmung als auch die mehrschichtigen Bauteile bewährt. Für die monolithischen Konstruktionen ergeben sich die baupraktischen Grenzen häufig bei einer Dicke der Wand von max. 50 cm. Hochwärmedämmende Mauerziegel mit Spitzenwerten der Wärmeleitfähigkeit werden mit bauaufsichtlichen Zulassungen über die Produktgruppen der Hersteller angeboten. Deren Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit können die Normwerte (vgl. Kapitel 14.2) um bis zu 50 % unterschreiten. Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit von genormtem Mauerwerk und von Bauplatten aus Massivbaustoffen sind der DIN 4108-4 [R5] zu entnehmen, ebenso die Werte für Putze, Mörtel und Dämmstoffe. Die folgenden Tabellen enthalten U-Werte üblicher Ziegelkonstruktionen. Raumseitig ist jeweils ein 15 mm dicker Gipsputz der Wärmeleitfähigkeit 0,51 W/(m · K) angenommen.

#### Hinweis:

Die Wärmeleitfähigkeiten der hochwärmedämmenden Hochlochziegel sind per bauaufsichtlicher Zulassung geregelt. Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit werden immer in Verbindung mit dem zu verwendenden Mauermörtel genannt und gelten für das daraus zusammengesetzte Mauerwerk. Informationen hierzu halten die Produktgruppen und Ziegelwerke bereit.

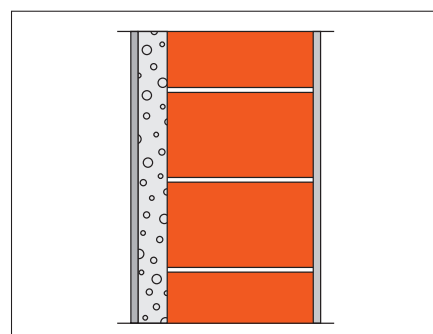
**Tabelle 5.1: U-Werte von einschaligem Mauerwerk aus Zulassungsziegeln mit Leichtputz**

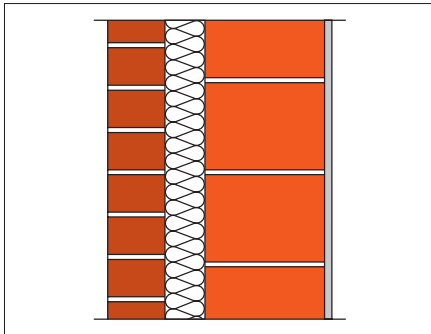
Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks $\lambda$ in W/(m · K)	Mineralischer Außenputz d = 20 mm / Innenputz d = 15 mm	U-Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)				
		Mauerwerksdicke in cm				
		24	30	36,5	42,5	49
0,16	Leichtputz $\lambda = 0,25$ W/(m · K) / Gipsputz $\lambda = 0,51$ W/(m · K)	0,46 0,39 0,34 0,30				
0,14		0,50 0,41 0,35 0,30 0,26				
0,13		0,47 0,39 0,32 0,28 0,25				
0,12		0,44 0,36 0,30 0,26 0,23				
0,11		0,41 0,33 0,28 0,24 0,21				
0,10		0,37 0,30 0,25 0,22 0,19				
0,09		0,34 0,28 0,23 0,20 0,17				
0,08		0,31 0,25 0,21 0,18 0,16				
0,075		0,29 0,24 0,20 0,17 0,15				
0,07		0,27 0,22 0,18 0,16 0,14				



**Tabelle 5.2: U-Werte von einschaligem Ziegelmauerwerk mit Wärmedämmputzen**

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in W/(m · K)		U-Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)							
		Mauerwerksdicke in cm							
Mauerwerk	Dämmputz	30		36,5		42,5		49	
		Dämmputzdicke in cm							
		2	6	2	6	2	6	2	6
0,16	0,10	0,44	0,37	0,37	0,32	0,33	0,29	0,29	0,26
	0,06	0,42	0,33	0,36	0,29	0,31	0,26	0,28	0,23
0,14	0,10	0,39	0,34	0,33	0,29	0,29	0,26	0,26	0,23
	0,06	0,37	0,30	0,32	0,26	0,28	0,24	0,25	0,21
0,13	0,10	0,37	0,32	0,31	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22
	0,06	0,35	0,29	0,30	0,25	0,26	0,22	0,23	0,20
0,12	0,10	0,34	0,30	0,29	0,26	0,25	0,23	0,22	0,20
	0,06	0,33	0,27	0,28	0,24	0,25	0,21	0,22	0,19
0,11	0,10	0,32	0,28	0,27	0,24	0,23	0,21	0,21	0,19
	0,06	0,31	0,25	0,26	0,22	0,23	0,20	0,20	0,18
0,10	0,10	0,29	0,26	0,25	0,22	0,22	0,20	0,19	0,18
	0,06	0,28	0,24	0,24	0,21	0,21	0,18	0,18	0,16
0,09	0,10	0,27	0,24	0,22	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16
	0,06	0,26	0,22	0,22	0,19	0,19	0,17	0,17	0,15
0,08	0,10	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14
	0,06	0,23	0,20	0,20	0,17	0,17	0,15	0,15	0,14
0,075	0,10	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,19	0,15	0,14
	0,06	0,22	0,19	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13
0,07	0,10	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,15	0,14	0,13
	0,06	0,21	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12





**Tabelle 5.3: U-Werte von zweischaligem Mauerwerk mit Dämmstoff ohne Luftschicht (Kerndämmung). Die Wärmeleitfähigkeit der Vormauerung ist mit 0,68 W/(m·K) angenommen**

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in W/(m · K)		U-Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)					
		Mauerwerksdicke der Innenschale in cm					
Mauerwerk (Innenschale)	Dämmstoff	Dämmstoffdicke in cm					
		17,5			24		
		8	14	20	8	14	20
0,96 / 0,81	0,035	0,35	0,22	0,16	0,34	0,22	0,16
	0,025	0,27	0,16	0,12	0,26	0,16	0,12
0,58	0,035	0,34	0,21	0,16	0,33	0,21	0,15
	0,025	0,26	0,16	0,12	0,25	0,16	0,11
0,50	0,035	0,33	0,21	0,16	0,32	0,21	0,15
	0,025	0,26	0,16	0,11	0,25	0,16	0,11
0,45	0,035	0,33	0,21	0,15	0,31	0,20	0,15
	0,025	0,25	0,16	0,11	0,24	0,15	0,11
0,42	0,035	0,33	0,21	0,15	0,31	0,20	0,15
	0,025	0,25	0,16	0,11	0,24	0,15	0,11
0,39	0,035	0,32	0,21	0,15	0,31	0,20	0,15
	0,025	0,25	0,16	0,11	0,24	0,15	0,11
0,21	0,035	0,29	0,19	0,14	0,26	0,18	0,14
	0,025	0,23	0,15	0,11	0,21	0,14	0,11
0,18	0,035	0,28	0,19	0,14	0,25	0,18	0,13
	0,025	0,22	0,14	0,11	0,20	0,14	0,10
0,16	0,035	0,27	0,18	0,14	0,24	0,17	0,13
	0,025	0,21	0,14	0,11	0,20	0,13	0,10
0,14	0,035	0,26	0,18	0,14	0,23	0,16	0,13
	0,025	0,21	0,14	0,10	0,19	0,13	0,10
0,11	0,035				0,21	0,15	0,12
	0,025				0,17	0,12	0,10
0,08	0,035				0,18	0,14	0,11
	0,025				0,15	0,11	0,09

Zweischaliges Ziegelmauerwerk, d.h. Mauerwerk mit Verblendschale oder mit verputzter Vormauerschale mit Zusatzdämmung und ggf. zusätzlicher Luftschicht, hat sich in Gebieten mit hoher Schlagregenbelastung bewährt. Derartige Ausführungen sind in DIN 1053-1 geregelt. Die zur Sicherung der Vormauerschale einzusetzenden Drahtanker brauchen bei der Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U nicht mitberücksichtigt zu werden, da die bis zu max. 5 mm Durchmesser aufweisenden Edelstahlanker lediglich einen marginalen Einfluss auf die gesamte Wärmedämmung der Außenwand ausmachen [L19 + R15]. Bei einem Schalenabstand > 15 cm sind bauaufsichtlich zugelassene Mauerwerkanker zu verwenden. Der damit verbundene Zuschlag  $\Delta U$  ist zu beachten (vgl. Kapitel 4.1.2).

Der Zuschlag für Mauerwerkanker, die eine Dämmschicht innerhalb eines zweischaligen Mauerwerks durchdringen, berechnet sich nach [R15] wie folgt:

$$\Delta U_f = a \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]} \quad (29)$$

mit:

$a = 6 \text{ m}^{-1}$  (konstanter Faktor)

$\lambda_f$  = Wärmeleitfähigkeit des Ankers

$n_f$  = Anzahl Anker je m<sup>2</sup>

$A_f$  = Querschnittsfläche eines Ankers in m<sup>2</sup>

Für Edelstahlanker kann  $\lambda_f = 17 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$  angesetzt werden.

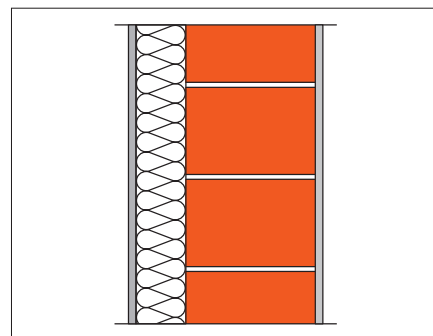
#### Hinweis:

Ist die Gesamtkorrektur  $\Delta U_f \leq 3 \%$  des gesamten U-Wertes, kann ein Zuschlag gemäß DIN EN ISO 6946, Absatz 7, unberücksichtigt bleiben.

Die Materialwahl von Wärmedämmstoffen muss unbedingt unter Beachtung der brandschutztechnischen Anforderungen erfolgen, die insbesondere im Geschosswohnungsbau unter Umständen zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen.

**Tabelle 5.4: U-Werte von Ziegelmauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS). Mögliche Zuschläge auf den U-Wert der Gesamtkonstruktion sind nicht berücksichtigt**

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in W/(m · K)		U-Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)					
		Mauerwerksdicke in cm					
Mauerwerk	Dämmstoff	Dämmstoffdicke in cm					
		17,5			24		
		8	14	20	8	14	20
0,96	0,040	0,42	0,26	0,19	0,41	0,25	0,18
	0,035	0,37	0,23	0,16	0,37	0,22	0,16
0,58	0,040	0,40	0,25	0,18	0,38	0,24	0,18
	0,035	0,36	0,22	0,16	0,34	0,22	0,16
0,50	0,040	0,39	0,25	0,18	0,37	0,24	0,18
	0,035	0,35	0,22	0,16	0,34	0,21	0,16
0,45	0,040	0,39	0,24	0,18	0,37	0,24	0,17
	0,035	0,35	0,22	0,16	0,33	0,21	0,16
0,42	0,040	0,38	0,24	0,18	0,36	0,23	0,17
	0,035	0,34	0,22	0,16	0,33	0,21	0,15
0,39	0,040	0,38	0,24	0,18	0,36	0,23	0,17
	0,035	0,34	0,21	0,16	0,32	0,21	0,15
0,21	0,040	0,33	0,22	0,17	0,30	0,21	0,16
	0,035	0,30	0,20	0,15	0,28	0,19	0,14
0,18	0,040	0,32	0,21	0,16	0,28	0,20	0,15
	0,035	0,29	0,19	0,15	0,26	0,18	0,14
0,16	0,040	0,30	0,21	0,16	0,27	0,19	0,15
	0,035	0,28	0,19	0,14	0,25	0,18	0,13
0,14	0,040	0,29	0,20	0,16	0,26	0,18	0,14
	0,035	0,27	0,18	0,14	0,24	0,17	0,13
0,11	0,040				0,23	0,17	0,14
	0,035				0,21	0,16	0,12
0,08	0,040				0,19	0,15	0,12
	0,035				0,18	0,14	0,11



Zusatzgedämmtes Ziegelmauerwerk mit bauaufsichtlich zugelassenen Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) kann vor allem im Geschosswohnungsbau bei schlanken Außenwandkonstruktionen eingesetzt werden. Dabei ist vor allem auf eine schwerere Hintermauerung zu achten, um den Schall- und Lärmschutz im Gebäude sicher zu stellen.

**Hinweis:**

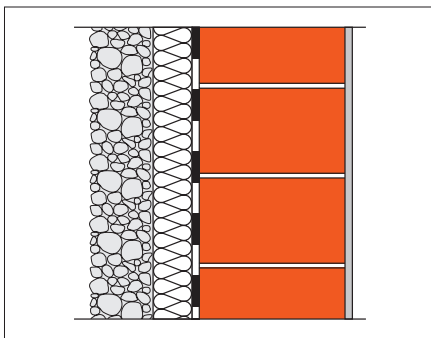
Verdübelungen im WDVS können sowohl den U-Wert als auch den Schallschutz der Gesamtkonstruktion verschlechtern. Angaben hierzu sind den jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen. Bei der Materialwahl der Dämmstoffe sind die Anforderungen an den baulichen Brandschutz zu beachten.



Ziegelmauerwerk im Erdreich ist bei sachgerechter Ausführung mit und ohne zusätzliche Dämmung möglich. Vor allem bei der Nutzung hochwertiger Aufenthaltsräume im Keller kann der hohe Wärmeschutz von Ziegelwänden bei gleichzeitig hoher Tragfähigkeit genutzt werden. Unabdingbar zur Dauerhaftigkeit der Konstruktion ist eine regelgerechte Abdichtung gegen Feuchtigkeit nach DIN 18195 (Bauwerksabdichtung) [R26].

**Tabelle 5.5: U-Werte von erdberührten Wänden mit 3-4 mm bituminöser Abdichtung ohne Zusatzdämmung**

Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks $\lambda$ in $W/(m \cdot K)$	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$			
	Mauerwerksdicke in cm			
	30	36,5	42,5	49
0,33		0,78	0,68	0,60
0,30		0,72	0,63	0,55
0,27	0,78	0,65	0,57	0,50
0,24	0,70	0,59	0,51	0,45
0,21	0,62	0,52	0,45	0,40
0,18	0,54	0,45	0,39	0,35
0,16	0,49	0,41	0,35	0,31
0,14	0,43	0,36	0,31	0,27



## 5.2 Innenwände

An Innenwände werden in der Regel keine wärmeschutztechnischen Anforderungen gestellt. Hier ist vor allem der Schallschutz oder die Tragfähigkeit von Bedeutung. Befinden sich unbeheizte oder lediglich durch Raumverbund beheizte Räume ohne Heizkörper neben normal temperierten Bereichen, sollten diese Zonen immer in das gesamte beheizte Volumen eingerechnet werden. Es ist günstig, derartige Zonen nicht von direkt beheizten Zonen abzuschirmen, da hierdurch das A/V-Verhältnis abgesenkt werden kann.

## 5.3 Fenster

Das geringste Dämmniveau aller Außenbauteile weist in der Regel das Fenster auf. Es lassen sich allerdings

**Tabelle 5.6: U-Werte von erdberührten Wänden beheizter Räume mit 3-4 mm bituminöser Abdichtung und zusätzlicher Perimeterdämmung der Wärmeleitfähigkeit  $0,04 W/(m \cdot K)$**

Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks $\lambda$ in $W/(m \cdot K)$	Mauerwerksdicke in cm	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$		
		Dämmschichtdicke in cm		
		4	6	8
0,33	30	0,48	0,39	0,32
	36,5	0,44	0,36	0,30
0,27	30	0,44	0,36	0,30
	36,5	0,39	0,33	0,28
0,21	30	0,38	0,32	0,28
	36,5	0,34	0,29	0,26
0,18	30	0,35	0,30	0,26
	36,5	0,31	0,27	0,24
0,16	30	0,33	0,28	0,25
	36,5	0,29	0,25	0,22
0,14	30	0,30	0,26	0,23
	36,5	0,27	0,23	0,21

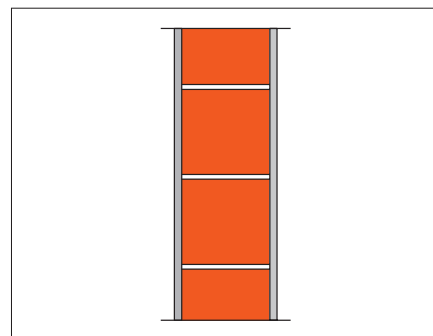
erhebliche Solargewinne erzielen, so dass bei sinnvoller Fensteranordnung und -orientierung die passiven Solargewinne die Wärmeverluste voll ausgleichen können. Die  $U_g$ -Werte der Mehrscheiben-Isolierverglasungen mit Argon- oder Kryptonfüllung, aber ohne Sonderfunktionen wie z. B. erhöhter Schallschutz oder Sonnenschutz, liegen bei  $1,1 W/(m^2 \cdot K)$  bei Zweifach-Wärmeschutzverglasungen mit Gesamtenergiedurchlassgraden  $g$  von etwa  $0,57$ . Die Dreischieben-Wärmeschutzverglasungen warten mit  $U_g$ -Werten von bis zu

$0,6 W/(m^2 \cdot K)$  und entsprechend niedrigeren  $g$ -Werten von etwa  $0,42$  auf.

Wird das sehr teure und nur wenig verfügbare Edelgas Xenon eingesetzt, reduzieren sich die  $U_g$ -Werte noch einmal um  $0,1$  bis  $0,2 W/(m^2 \cdot K)$ , ohne dass sich die  $g$ -Werte nennenswert verringern. Sonnenschutz- und Schallschutzverglasungen weisen häufig  $g$ -Werte unter  $0,3$  auf und minimale Werte von etwa  $1,1 W/(m^2 \cdot K)$ . Die vom Hersteller angegebenen Nennwerte der Wärmeleitfähigkeit von Ver-

**Tabelle 5.7: U-Werte von Innenwänden mit beidseitig je 15 mm Gipsputz**

Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks $\lambda$ in $W/(m \cdot K)$	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$			
	Mauerwerksdicke in cm			
	11,5	17,5	24	30
0,39	1,63	1,30	1,07	0,92
0,36	1,57	1,24	1,01	0,87
0,33	1,50	1,18	0,96	0,81
0,30	1,42	1,11	0,89	0,76
0,27	1,34	1,03	0,83	0,70
0,24	1,25	0,95	0,76	0,64
0,21	1,15	0,87	0,68	0,57
0,18	1,04	0,77	0,61	0,50
0,16	0,96	0,71	0,55	0,46
0,14		0,64	0,49	0,41
0,11			0,40	0,33
0,08			0,30	0,25



durchgangskoeffizienten erforderlich werden. Diese sind vom Hersteller anzugeben.

Kunststoffrahmen aus PVC-Hohlprofilen mit zwei Hohlkammern sind mit einem  $U_f$ -Wert von  $2,2 W/(m^2 \cdot K)$ , solche mit drei Hohlkammern mit  $2,0 W/(m^2 \cdot K)$  anzusetzen. Bei Holzrahmen muss zwischen Hartholz und Weichholz unterschieden werden. Übliche Rahmen-Nennstärken von  $66 \text{ mm}$  weisen einen  $U_f$ -Wert von etwa  $2,1 W/(m^2 \cdot K)$  für Hartholz und  $1,8 W/(m^2 \cdot K)$  für Weichholz auf. Insbesondere der Einsatz von Dreifach-Verglasungen macht dickere Rahmen-/Flügelkonstruktionen erforderlich. Werden hier die Nennstärken von z. B.  $95 \text{ mm}$  eingesetzt, ist mit  $U_f = 1,8 W/(m^2 \cdot K)$  für Hartholz und  $1,55 W/(m^2 \cdot K)$  für Weichholz zu rechnen.

Metallrahmen ohne thermische Trennung müssen mit einem  $U_f$ -Wert von  $5,9 W/(m^2 \cdot K)$  angesetzt werden, bei Flügelrahmen mit thermischer Trennung liegen die Werte in Abhängigkeit des Abstands der zwei getrennten Metallschalen zwischen  $2,5$  und  $4,0 W/(m^2 \cdot K)$ .

Bei Verwendung von Rollladenkästen sind einige Besonderheiten zu beachten: Die Anforderungen gemäß DIN 4108-2 an den mittleren Wärmedurchlasswiderstand  $R \geq 1,0 (m^2 \cdot K)/W$ , sowie an den raumseitigen Deckel mit  $R \geq 0,55 (m^2 \cdot K)/W$  werden durch die am Markt verfügbaren Kästen in der Regel deutlich erfüllt. Selbsttragende Einbau-Rollladenkästen werden ge-

**Tabelle 5.8.1: Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_w$  von Fenstern und Fensterüren in Abhängigkeit vom Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung  $U_g$  und Rahmen  $U_f$  nach [R17]**

	$U_g$ $W/(m^2 \cdot K)$	$U_f$ -Wert in $W/(m^2 \cdot K)$								
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Einfachglas	5,7	4,3	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	6,1
2-fach Isolierglas	3,3	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	4,4
	3,1	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	4,3
	2,9	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	4,1
	2,7	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,2	4,0
	2,5	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,9
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,8
	2,1	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	3,6
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	3,5
	1,7	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	3,3
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	3,2
1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	3,1	
1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,9	

glasungen  $U_g$  und Rahmen  $U_f$  sind mit Hilfe der Tabellen 5.8.1 bzw. 5.8.2 in Nennwerte für Fenster  $U_w$  zu überführen. Sie gelten für einen Rahmenanteil  $\leq 30 \%$ . Gemäß DIN 4108-4 ist der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_{w,BW}$  gleich dem Nennwert  $U_w$ .

Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Fenster ergeben sich gemäß DIN EN ISO 10077-1 [R17] und sind für Fensterrahmenanteile  $30 \%$  in den Tabellen 5.8.1 und 5.8.2 gelistet. Für besondere Glas-Abstandhalter aus Aluminium oder Stahl, für Sprossen etc. können Korrekturen  $\Delta U_w$  des Wärme-

mäß Bauregelliste mit einem Ü-Zeichen versehen, die U-Werte der Kästen von den Herstellern angegeben. Die Transmissionswärmeverluste der Kästen können entweder mit ihrem Flächenanteil und dem ausgewiesenen U-Wert, oder aber durch Übermessen der Außenwand und entsprechender Berücksichtigung der Wärmebrückenwirkungen nachgewiesen werden [L22].

Lichtkuppeln weisen nach DIN 4108-4  $U_w$ -Werte von 2,7 für zweischalige und 1,8  $W/(m^2 \cdot K)$  für 3-schalige Ausführungen auf.

Die Aufstellung einer Energiebilanz unter Berücksichtigung der Tageslichtausbeute sowie der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes macht die Kenntnis der in Tabelle 5.8.3 dargestellten lichttechnischen Kennwerte und der Gesamtenergiedurchlassgrade er-

forderlich. Der Wert  $g_{\perp}$  beschreibt den Gesamtenergiedurchlassgrad bei senkrechtem Strahlungseinfall des Sonnen-

lichtes. Der Lichttransmissionsgrad  $\tau_e$  beschreibt den Anteil der durch die Verglasung einfallenden Solarstrah-

**Tabelle 5.8.2: Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_w$  von Fenstern und Fenstertüren in Abhängigkeit vom Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung  $U_g$  und Rahmen  $U_f$  nach [R17]**

	$U_g$	$U_f$ -Wert in $W/(m^2 \cdot K)$									
	$W/(m^2 \cdot K)$	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0	
3-fach Isolierglas	2,3	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,7	
	2,1	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3,6	
	1,9	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	3,4	
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	3,3	
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	3,2	
	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	3,1	
	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,9	
	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,8	
	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,6	
	0,5	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	2,5	

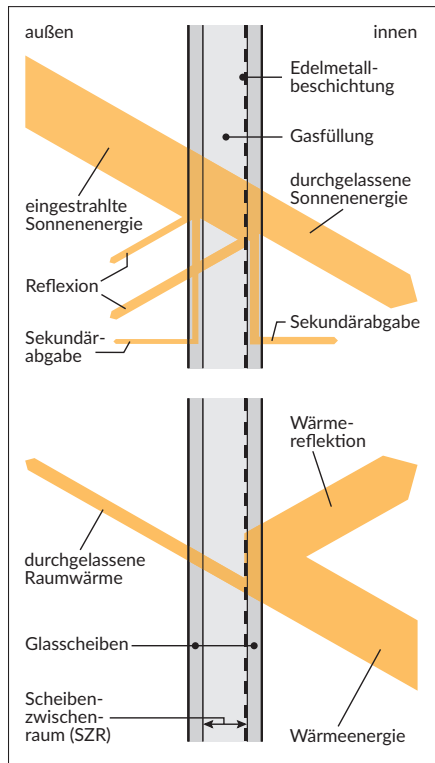


Bild 5.1: Wärmedurchgang durch ein Fenster mit Wärmeschutzglas (schematische Darstellung)

**Tabelle 5.8.3: Gesamtenergiedurchlassgrad und Lichttransmissionsgrad in Abhängigkeit der Konstruktionsmerkmale des  $U_g$ -Wertes und des Wärmedurchgangskoeffizienten [R5]**

Konstruktionsmerkmale der Glastypeen	Anhaltswerte für die Bemessung			
	$U_g$ $W/(m^2 \cdot K)$	$g_{\perp}$	$\tau_e$	$\tau_v$
Einfachglas	5,8	0,87	0,85	0,90
Zweifachglas mit Luftfüllung, ohne Beschichtung	2,9	0,78	0,73	0,82
Dreifachglas mit Luftfüllung, eine Beschichtung	2,0	0,70	0,63	0,75
Wärmedämmglas zweifach mit Argonfüllung, ohne Beschichtung	1,7	0,72	0,60	0,74
	1,4	0,67	0,58	0,78
	1,2	0,65	0,54	0,78
	1,1	0,60	0,52	0,80
Wärmedämmglas dreifach mit Argonfüllung, zwei Beschichtungen	0,8	0,60	0,50	0,72
	0,7	0,50	0,39	0,69
Sonnenschutzglas zweifach mit Argonfüllung, eine Beschichtung	1,3	0,48	0,44	0,59
	1,2	0,37	0,34	0,67
	1,2	0,25	0,21	0,40
	1,1	0,36	0,33	0,66
Sonnenschutzglas dreifach mit Argonfüllung, zwei Beschichtungen	1,1	0,27	0,24	0,50
	0,7	0,24	0,21	0,45
	0,7	0,24	0,29	0,63

lung (durchgelassene Sonnenenergie gemäß Bild 5.1). Der Wert  $\tau_v$  beschreibt den Transmissionsgrad des senkrechten Lichteinfalls des sichtbaren Lichts. Bei den Zahlenwerten handelt es sich um Anhaltswerte, die von den herstellereigenen Angaben abweichen können.

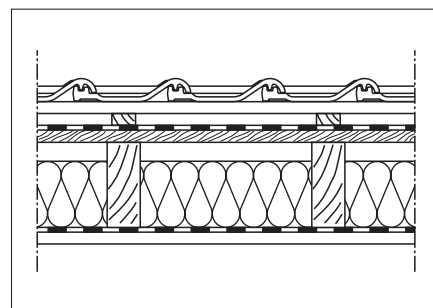
## 5.4 Dächer

Besonders wirtschaftlich ist es, insbesondere die Dachflächen als die höchstgedämmten Bauteile auszuführen. Neben den zimmermannsmäßig ausgebildeten, vollsparrengedämmten Systemen werden Massivdächer mit zusätzlicher, oben aufliegender Dämmung sowie selbsttragende Systemdächer aus extruder- oder hartgeschäumten Kunststoffen eingesetzt. Die Wärmeleitfähigkeiten der norma-

lerweise eingesetzten Dämmstoffe sind nach Wärmeleitfähigkeitsklassen zwischen O25 und O40 genormt. Die Dächer erreichen bei Dämmschichtdicken von 20 cm unter Berücksichtigung der Wärmebrückeneffekte der Tragkonstruktion U-Werte von etwa  $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Werden zusätzliche Dämmschichten als sogenannte Untersparrendämmung aufgebracht oder erfolgt eine Übersparrendämmung, sinken die U-Werte bei ca. 25 cm Systemaufbau auf etwa  $0,16$ , bei 30 cm

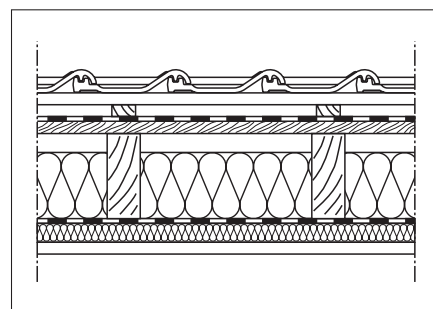
**Tabelle 5.9: U-Werte im Sparren-/Gefachbereich von Dächern mit Zwischensparrendämmung und zusätzlicher Belüftungsebene mit oder ohne Unterdach. Raumseitig ist eine 12,5 mm dicke Gipskartonplatte auf Unterkonstruktion angesetzt worden**

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ der Dämmschichten bzw. des Holzsparren in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
	Dicke der Dämmschicht/wirksame Sparrenhöhe in cm			
	18	20	22	24
0,04	0,20	0,18	0,17	0,16
0,035	0,18	0,16	0,15	0,14
0,13	0,55	0,51	0,47	0,44



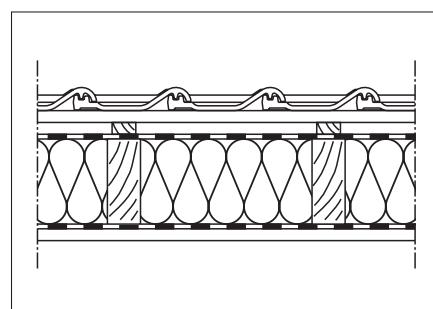
**Tabelle 5.10: U-Werte im Sparren-/Gefachbereich von Dächern mit Zwischensparrendämmung und zusätzlicher Belüftungsebene mit oder ohne Unterdach und 4 cm Untersparrendämmung der WLG 040. Raumseitig ist eine 12,5 mm dicke Gipskartonplatte auf Unterkonstruktion angesetzt worden**

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ der Dämmschichten bzw. des Holzsparren und der Untersparrendämmung in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
	Dicke der Dämmschicht/wirksame Sparrenhöhe in cm			
	18	20	22	24
0,04/0,04	0,17	0,16	0,15	0,14
0,035/0,04	0,16	0,14	0,13	0,12
0,13/0,04	0,38	0,36	0,34	0,32



**Tabelle 5.11: U-Werte im Sparren-/Gefachbereich von Dächern mit Vollsparrendämmung. Raumseitig ist eine 12,5 mm dicke Gipskartonplatte auf Unterkonstruktion angesetzt worden**

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ der Dämmschichten bzw. des Holzsparren in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
	Dicke der Dämmschicht/wirksame Sparrenhöhe in cm			
	18	20	22	24
0,04	0,20	0,19	0,17	0,16
0,035	0,18	0,16	0,15	0,14
0,13	0,56	0,52	0,48	0,45

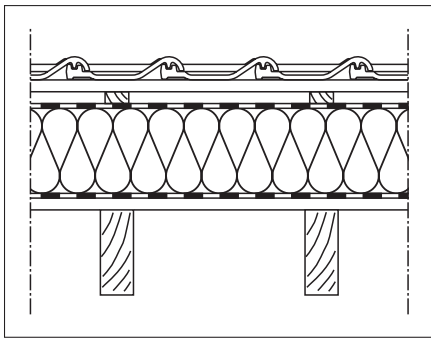


Aufbauhöhe auf etwa  $0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Neben dem möglichst niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten des Dachs ist der Luftdichtheit besondere Aufmerksamkeit zu widmen (siehe hierzu Kapitel 7).

Die folgenden Tabellen mit Aufbauten geneigter Dächer geben jeweils die U-Werte im Bereich der Sparren und im Gefachbereich wieder. Die Sparrenabstände liegen in der Regel

zwischen 60 und 75 cm. Die Sparrenbreiten liegen normalerweise zwischen 6 und 10 cm. Somit ergeben sich die prozentualen Anteile Sparren/Gefach zwischen 10/90 und 15/85 %. Höhere Sparrenanteile sind eher ungewöhnlich und sollten vermieden werden. (s. Tabellen 5.09 bis 5.11). Die Ermittlung von U-Werten nach DIN EN ISO 6946 ermöglicht die Berücksichtigung der Wärmebrückenwirkung von Sparren und Gefach (s. Kapitel 4.1.2).

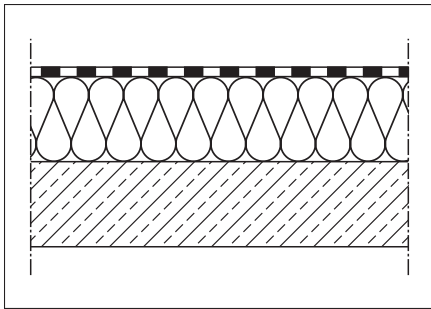
Die Tabellen 5.13 und 5.14 beinhalten die U-Werte von Flachdächern mit zwei verschiedenen Dämmkonstruktionen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die tragende Dachkonstruktion aus 20 cm Stahlbeton besteht. Werden Ziegel-Elementdecken oder Ziegel-Einhängedecken verwendet, ergeben sich geringfügig günstigere U-Werte.



**Tabelle 5.12: U-Werte von Dächern mit Aufsparrendämmung. Raumseitig ist eine 20 mm dicke Holzschalung angesetzt worden**

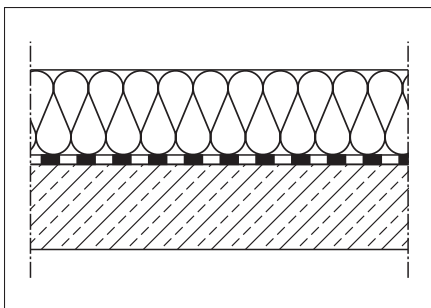
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ der Dämmschichten in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
	Dicke der Dämmschicht in cm			
	18	20	22	24
0,040	0,21	0,19	0,17	0,16
0,035	0,18	0,16	0,15	0,14
0,030	0,16	0,14	0,13	0,12
0,025	0,13	0,12	0,11	0,10

\* Der Sparrenbereich ist hier nicht ausgewiesen, da die Sparren vollständig im beheizten Bereich liegen und bei der U-Wert Ermittlung unberücksichtigt bleiben können.



**Tabelle 5.13: U-Werte von massiven Warmdächern mit Dämmung unterhalb der Dachhaut. Der massive, tragende Aufbau ist aus Beton mit  $d = 20 \text{ cm}$  und mit  $\lambda = 2,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  angerechnet worden**

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ der Dämmschichten in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
	Dicke der Dämmschicht in cm			
	18	20	22	24
0,040	0,21	0,19	0,17	0,16
0,035	0,18	0,17	0,15	0,14
0,030	0,16	0,14	0,13	0,12
0,025	0,13	0,12	0,11	0,10



**Tabelle 5.14: U-Werte von massiven Dächern mit Umkehrdämmung. Der massive, tragende Aufbau ist aus Beton mit  $d = 20 \text{ cm}$  und mit  $\lambda = 2,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  angerechnet worden. Unterhalb der Dachisolierung befindet sich keine Dämmung, so dass sich nach [R3] ein Zuschlagswert  $\Delta U$  von  $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  ergibt, der in den nachfolgenden Zahlenwerten schon enthalten ist**

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ der Dämmschichten in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
	Dicke der Dämmschicht in cm			
	18	20	22	24
0,040	0,26	0,25	0,23	0,21
0,035	0,23	0,22	0,21	0,19



## 5.5 Decken, Fußböden

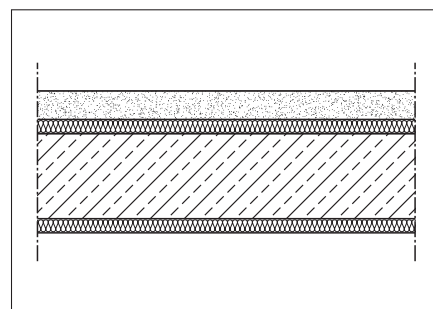
Die Temperaturdifferenz zwischen z. B. unbeheizten Kellerräumen und dem vollbeheizten Bereich oder aber auch über einer Bodenplatte zum Erdreich, ist im Jahresmittel etwa nur halb so groß wie bei außenluftberührten Bauteilen. Dies bewirkt eine Halbierung der spezifischen Transmissionswärmeverluste und somit eine geringere Effizienz wärmeschutztechnischer Maßnahmen. Die Dämmstoffstärken dieser Bauteile sollten daher besonders unter konstruktiven und Wirtschaftlichkeitsaspekten festgelegt werden.

Als vorteilhaft hat sich eine zweischichtige Anordnung der Dämmebenen erwiesen. Die in der Regel unter dem Estrich eingesetzte Trittschalldämmung kann geringfügig erhöht werden, da hierdurch z. B. auf der Rohdecke verlegte Versorgungsleitungen schalltechnisch besser isoliert werden. Eine zweite Dämmebene unterhalb der Decke oder Bodenplatte reduziert neben den flächigen Transmissionswärmeverlusten die Wärmebrückenverluste von aufgehenden Wänden und ggf. der Fundamente. Neue Dämmstoffe mit hoher zulässiger Flächenpressung sind ein geeignetes Mittel, kostengünstige

Dämm-Maßnahmen im Bereich nicht unterkellerten Gebäude zu realisieren. Die U-Werte keller- oder erdberührter Bauteile brauchen aus den zuvor genannten Gründen in der Regel nicht niedriger als  $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  sein, was einer Dämmstoffdicke von insgesamt etwa 12 cm entspricht.

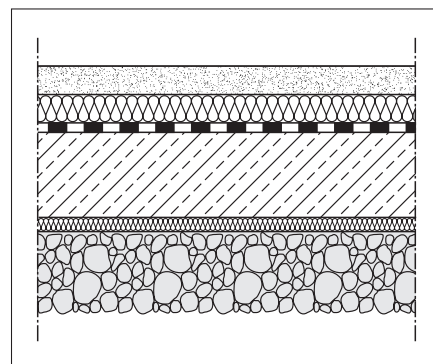
**Tabelle 5.15: U-Werte von Geschossdecken aus Stahlbeton mit 5 cm schwimmendem Zementestrich. Die Lage der Dämmschicht (oberhalb oder unterhalb der Massivdecke) spielt für den U-Wert keine Rolle, ebenso wie die Dicke der Stahlbetondecke**

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ der Dämmschichten in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
	Gesamtdicke der Dämmschicht in cm			
	6	8	10	12
0,040	0,51	0,41	0,34	0,29
0,035	0,46	0,36	0,30	0,26
50 % - 0,040 50 % - 0,035	0,48	0,38	0,32	0,27
50 % - 0,040 50 % - 0,030	0,45	0,36	0,30	0,25



**Tabelle 5.16: U-Werte von Bodenplatten auf Erdreich aus Stahlbeton mit 5 cm schwimmendem Zementestrich. Die Lage der Dämmschicht (oberhalb oder unterhalb der Massivdecke) spielt für den U-Wert keine Rolle, ebenso wie die Dicke der Stahlbetondecke**

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ der Dämmschichten in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$			
	Gesamtdicke der Dämmschicht in cm			
	6	8	10	12
0,040	0,56	0,44	0,36	0,30
0,035	0,50	0,39	0,32	0,27
50 % - 0,040 50 % - 0,035	0,52	0,41	0,34	0,28
50 % - 0,040 50 % - 0,030	0,49	0,38	0,31	0,26



## 6 Wärmebrücken

### 6.1 Vorbemerkungen

In den letzten Jahren sind einige Wärmebrückenkataloge entstanden, die an prägnanten Baudetails die Temperaturverhältnisse und Wärmeverluste aufzeigen. Berechnet werden diese Werte mit numerischen Rechenverfahren unter Verwendung der DIN EN ISO 10211 [R19]. Als Planungshilfe ist die Norm DIN 4108, Beiblatt 2 „Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele“ [R10] erschienen.

Das Beiblatt 2 DIN 4108 kann die Fülle der möglichen Bauteilanschlüsse bislang nicht vollständig abbilden und ist daher nur als Konstruktionsleitfaden zu verstehen. Eine Überarbeitung der dargestellten Wärmebrückendetails hinsichtlich aktueller Dämmstandards und im Hinblick auf eine Vollständigkeit der wesentlichen Anschlusssituationen ist in Arbeit.

Ebenfalls sind einige kommerzielle Rechenprogramme auf dem Markt erhältlich, mit denen zwei- und dreidimensionale Temperatur- und Wärmestromberechnungen durchgeführt werden können. Diese setzen jedoch einen erheblichen Aufwand an Eingabe voraus, so dass sie für die Berechnung bauüblicher Konstruktionen für den Planer sehr aufwändig sind.

Die Ziegelindustrie hat eine einfach zu handhabende Detailsammlung besonders wärmebrückenarmer Konstruktionen mit den dazugehörigen Kennwerten erstellt. Dieses Planungsmittel steht sowohl als eigenständige Stand Alone Version als auch als Bestandteil des Ziegel Bauphysiksoftware Moduls Energie 20.20 zur EnEV für den detaillierten Wärmebrückennachweis zur Verfügung.

### 6.2 Geometrische Wärmebrücken

Diese entstehen in homogenen Bauteilen durch Änderung der Bauteilgeometrie. Das sind insbesondere Ecken und Vorsprünge, die aus dem gleichen Material bestehen wie die flächigen Bauteilbereiche. Der typische Fall hierfür ist die zweidimensionale Außenwandecke. Der Wärmebrückeneffekt kommt dadurch zustande, dass gegenüber der warmen Innenoberfläche eine vergrößerte kalte Außenoberfläche vorhanden ist. Dies verursacht laterale, d.h. seitlich abfließende Wärmeströme, die das Temperaturniveau auf der Innenoberfläche zur Ecke hin absenken. Bei Außenwandecken, die meist aus gleicher Wanddicke und gleichem Material bestehen, bildet sich ein exakt symmetrischer Wärmestrom- und Oberflächentemperaturverlauf.

### 6.3 Materialbedingte Wärmebrücken

Dort, wo verschiedene Materialien mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit aufeinander treffen, existieren laterale Wärmeströme, die nicht mehr nur senkrecht von Oberfläche zu Oberfläche fließen. Es entsteht ein Wärmestromverlauf, der seine Richtung in Abhängigkeit der verschiedenen Materialstärken und -leitfähigkeiten ändert. Die Berechnung dieser Temperatur- und Wärmestromverläufe erfordert einen enormen rechnerischen Aufwand. Diese Wärmebrückenart tritt an fast allen Bauteilverbindungen des Hochbaus auf, da die zu verbindenden Bauteile so gut wie immer aus verschiedenen Materialien bestehen. Weiterhin ist eine Kombination aus geometrischen und materialbedingten Wärmebrücken in der Praxis häufig anzutreffen.

Diese lateralen Wärmeströme treten auch innerhalb wärmedämmender Hochlochziegel auf und sind im Bemess-

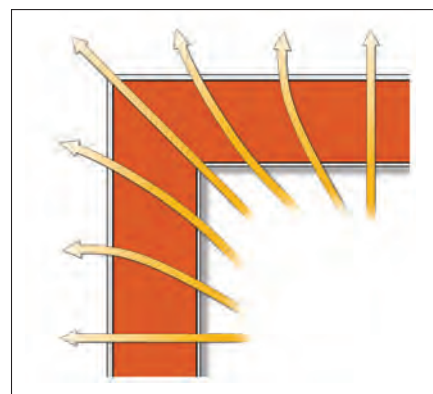


Bild 6.1: Wärmestromverlauf durch eine zweidimensionale, monolithische Außenwandecke

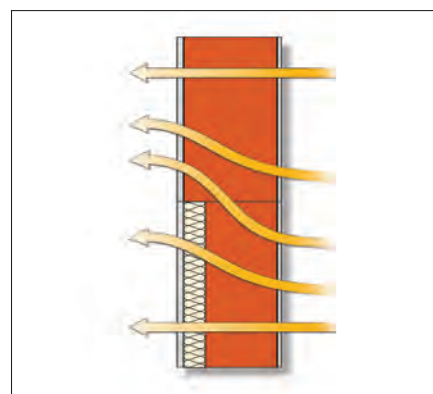


Bild 6.2: Wärmestromverlauf in einem aus zwei nebeneinander liegenden Bereichen zusammengesetzten Außenbauteil

sungswert der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks berücksichtigt. Die inneren ziegelspezifischen Einflüsse des Wärmetransports an Wärmebrücken können daher vernachlässigt werden und sind nach Beiblatt 2 zu DIN 4108 nicht gesondert zu berücksichtigen.

### 6.4 Konvektive Wärmebrücken

Wärmebrücken dieser Art sind immer dort vorzufinden, wo Luftundichtheiten insbesondere bei Windanströmungen zur Absenkung der Bauteiltemperaturen führen. Durch Verletzungen der Dampfsperre oder der Luftdichtungsschicht im Dachbereich entstan-

dene Leckagen verursachen neben den zusätzlichen unkontrollierten Lüftungswärmeverlusten unter Umständen einen erheblichem konvektiven Feuchteintrag in die Konstruktion und führen, da warme Feuchtigkeit enthaltende Raumluft beim Durchströmen einer Wärmedämmung abkühlt und Tauwasser ausfällt, häufig zu Bauschäden [L2].

## 6.5 Zusätzliche Wärmeverluste

Die zusätzlichen Wärmeverluste durch Wärmebrücken lassen sich als zusätzlicher Wärmedurchgangskoeffizient  $U_{WB}$  mit Hilfe des auf die Außenmaße längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $Y_e$  [W/(m · K)] wie folgt errechnen:

$$\Delta U_{WB} = \Sigma (l \cdot \Psi_e) / A \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)] (30)}$$

mit:

- $\Psi_e$  = längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizienten der Wärmebrücke [W/(m · K)]
- l = Länge der Wärmebrücke [m]
- A = wärmetauschende Hüllfläche (des Gebäudes) [m<sup>2</sup>]

In der Regel werden die Wärmeverluste der wärmetauschenden Außenbauteile über die Außenmaße ermittelt. Das führt zum Beispiel bei Außenecken dazu, dass sich das Produkt aus wärmetauschender Fläche und deren U-Wert zu groß ergibt, da dies gegenüber der innenmaßbezogenen und tatsächlich wärmetauschenden Fläche und zusätzlicher Berücksichtigung der Wärmebrücke deutlich zu hoch ausfällt. Aus diesem Grunde können bei der Ermittlung der  $\Delta U_{WB}$ -Werte negative Zahlenwerte zustande kommen.

1. Die seitlichen Fensteranschlüsse bewirken in jedem Fall zusätzliche Wärmeverluste. Die mittige Lage des Fensters in der Außenwand

führt in der Regel zu den geringsten Zusatzverlusten. Rollladenkästen bewirken unter Umständen recht hohe zusätzliche Transmissionswärmeverluste. Da diese bei der Ermittlung der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten berücksichtigt werden, brauchen die Rollladenkästen flächenmäßig in der Gebäudehülle üblicherweise nicht angesetzt werden.

2. Die Kellerdeckenanbindung ist für hochwärmedämmende Außenwände bei Einsatz einer Perimeterdämmung, die bis in das Erdreich reicht, unkritisch. Dies gilt in der Regel ebenso für die Geschossdeckenauflager an den Außenwänden, die sich allerdings insbesondere in Mehrgeschossbauten zu erheblichen Längen aufsummieren. Daher ist eine wärmebrückenarme Ausführung erforderlich.
3. Die Dachanschlüsse werden in den verschiedensten Ausführungen umgesetzt, so dass allgemeingültige Angaben von Zusatzverlusten kaum möglich sind.

Die nachfolgende Tabelle 6.1 zeigt die Spannweite der wichtigsten außenmaßbezogenen  $\Psi_e$ -Werte, die nach DIN V 4108-6 zu berücksichtigen sind.

## 6.6 Einfluss auf den Heizwärmebedarf

Der Einfluss der Wärmebrücken auf den Heizwärmebedarf lässt sich nach Kenntnis der zuvor genannten Größen leicht berechnen. Nach DIN V 4108-6 Kap. 5.5.2 und EnEV Anlage 3, Absatz 8.1 ergeben sich die vier im Folgenden beschriebenen Möglichkeiten der Nachweisführung:

- a) Berücksichtigung durch Erhöhung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes  $H'_T$  um  $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche,
- b) bei Anwendung von Planungsbeispielen nach DIN 4108, Beiblatt 2: Erhöhung um  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ,
- c) bei Bestandsgebäuden an denen > 50 % der Außenwände mit einer Innendämmung versehen sind beträgt  $\Delta U_{WB} = 0,15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ,
- d) durch genauen Nachweis der Wärmebrücken nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit anerkannten Regeln der Technik.

**Tabelle 6.1: Bandbreite der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $\Psi_e$  verschiedener Bauteilanschlüsse im Massivbau**

Bauteilanschluss	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient $\Psi_e$ [W/(m · K)]	
	minimal	maximal
Außenwanddecke	-0,24	-0,07
Fensteranschluss-Leibung	-0,06	0,12
Fensteranschluss-Brüstung	0,02	0,11
Fensteranschluss-Sturz	0,03	0,25
Geschossdeckenaufleger	0,00	0,15
Kellerdeckenauflager	-0,15	0,20
Dachanschluss-Traufe	-0,12	0,07
Dachanschluss-Ortgang	-0,07	0,07

Werden die Wärmebrückeneffekte im Einzelnen nachgewiesen, müssen nach DIN V 4108-6 mindestens folgende Details rechnerisch berücksichtigt werden:

- Gebäudekanten
- Fenster- und Türanschlüsse (umlaufend)
- Wand- und Deckeneinbindungen
- Deckenaufleger
- wärmetechnisch entkoppelte Balkonplatten

Die Gebäudekanten, also insbesondere Außenecken, bedingen in der Regel negative längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten. Fensteranschlüsse bewirken den höchsten Wärmebrückenanteil an einem Gebäude und sind daher besonders sorgfältig zu detaillieren. Die Deckenaufleger der Geschossdecken summieren sich bei mehrgeschossigen Gebäuden zu erheblichen Gesamtlängen. Dabei ist zu beachten, dass im Bereich der Fensterstürze/Rollladenkästen diese Deckenlängen nicht aufsummiert werden, da deren Effekte in denen der Fensteranschlüsse schon berücksichtigt sind. Drahtanker in zweischaligem Mauerwerk brauchen in der Regel ebenfalls nicht berücksichtigt zu werden (s. Kapitel 5.1).

#### Hinweis:

Das Ziegel Bauphysiksoftware Modul Energie 20.20 enthält eine umfangreiche Sammlung von berechneten Wärmebrückendetails aller im Massivbau wichtigen Anschlüsse, mit dem ein Einzelnachweis nach Punkt d) leicht zu führen ist. Hierdurch lassen sich in der Regel die Wärmebrückeneffekte nochmals um mindestens 50 % gegenüber Fall b) mit wirtschaftlichen Maßnahmen vermindern.

#### Hinweis:

Werden einzelne Wärmebrückendetails, die nicht von Beiblatt 2 DIN 4108 erfasst sind, realisiert, darf der reduzierte Zuschlag von  $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  auch angesetzt werden. Da die dort enthaltenen Konstruktionsempfehlungen nicht alle in der Praxis auftretenden Anschlussausbildungen aufzeigen können, ist ein Gleichwertigkeitsnachweis nur für im Beiblatt dargestellte Details erforderlich. (Auslegung XVIII1 zu § 7, Abs. 3 EnEV 2009)

## 7 Luftdichtheit und Lüftung

### 7.1 Einleitung

Die Luftdichtheit der Außenhülle eines Gebäudes ist ein Qualitätsmerkmal und ein wesentlicher Vorteil des Massivbaus. Neben der Schadensfreiheit und vor dem Hintergrund der Energieeinsparung wird ein höherer thermischer Komfort erreicht, ein besserer Schallschutz erzielt und eine nachhaltige Bauqualität sichergestellt. Dies macht es erforderlich, schon in der frühen Planungsphase ein sogenanntes Luftdichtheitskonzept zu erarbeiten. Massive Bauweisen erlauben eine deutlich leichter umzusetzende Ausführung als z. B. die Schichtaufbauten der Holzbauweise.

Eine dauerhaft luftdichte Ausführung aller Bauteilanschlüsse wird schon seit Bestehen der DIN 4108 im Jahr 1952 gefordert. Neben der energetischen Relevanz einer luftdichten Gebäudehülle kommt der Schadensfreiheit der hochwärmedämmten Bauteile eine besonders große Bedeutung zu. So sind insbesondere nicht ausreichend luftdichte und hochwärmedämmte Dächer durch konvektiven Feuchteintrag stark gefährdet.

Neben der Luftdichtheit der Gebäudehülle besteht gleichermaßen die Forderung, einen ausreichenden Außenluftwechsel zur Sicherstellung der hygienischen Raumluftfeuchte zu ermöglichen. Während der Abwesenheit der Bewohner kann bei geschlossenen Fenstern beispielsweise ein Mindestluftwechsel zum Feuchteschutz nur über Undichtheiten der Gebäudehülle, dem sog. Infiltrationsluftwechsel, ermöglicht werden. Eine Berechnung dieser Mindestluftwechsel über Undichtheiten kann mit dem in DIN V 4108-6 hinterlegten Verfahren erfolgen.

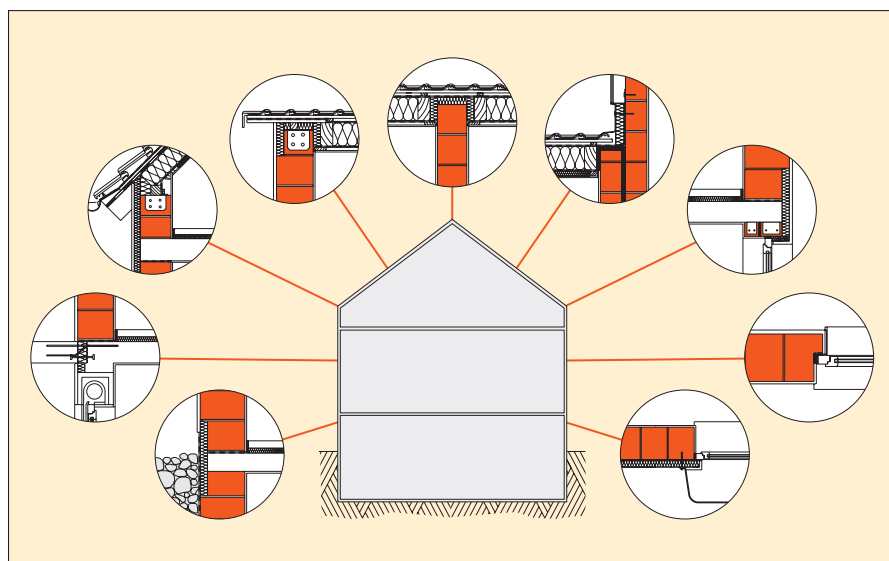


Bild 6.3: Übersicht wichtiger Wärmebrückendetails aus dem Ziegel-Detail-Katalog

## 7.2 Luftwechselzahlen

Die in der Bauphysik verwendete Luftwechselzahl  $n$  gibt an, wie oft das vorhandene Nettoraumvolumen in einer Stunde mit der Außenluft ausgetauscht wird. Der Mindestluftwechsel in Wohnräumen zum  $\text{CO}_2$ -Ausgleich und zur Feuchteabfuhr sollte etwa  $0,5 \text{ h}^{-1}$  betragen. Berücksichtigt man eine durchschnittliche Wohn- bzw. Nutzfläche von  $35 \text{ m}^2$  pro Person ergibt sich bei lichten Raumhöhen von  $2,4 \text{ m}$  ein Wert von über  $40 \text{ m}^3/(\text{pers} \cdot \text{h})$ , der die Anforderungen der DIN 1946 [R20] an intensiv genutzte Wohn- und Aufenthaltsräume mit einem personenbezogenen Mindestluftwechsel von  $30 \text{ m}^3/(\text{pers} \cdot \text{h})$  deutlich übersteigt.

Neben dem in der Regel über Fensterlüftung oder über mechanische Lüftungsanlagen sicherzustellenden Luftwechsel ergibt sich ein unkontrollierbarer zusätzlicher Infiltrationsluftwechsel über die Bauteilfugen, Undichtheiten in der Gebäudehülle etc. Dieser liegt zwischen  $0,1 \text{ h}^{-1}$  bei sehr dichten und  $0,3 \text{ h}^{-1}$  bei weniger dichten Gebäuden.

Soll im Rahmen eines Lüftungskonzeptes der über die Gebäudeundichtheiten mögliche Luftwechsel rechnerisch ermittelt werden, wird dazu der  $n_{50}$ -Messwert oder der Prognosewert aus der Blower-Door-Prüfung herangezogen. Die folgenden Gleichungen gemäß [R7 und R25] ergeben den Infiltrationsluftwechsel in Abhängigkeit der Windschutzkoeffizienten  $e_{\text{wind}}$  am

Gebäudestandort und der Ausstattung des Gebäudes mit oder ohne Außenluftdurchlässe (ALD) wie z. B. Fensterfalzlüftern.

$$n_{\text{inf}} = n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}} \quad (31)$$

mit:  
 $n_{50}$  = Luftwechselzahl aus Blower-Door-Messung  
 $e_{\text{wind}}$  = Windschutzkoeffizient gem. Tab. 7.1  
 $f_{\text{ATD}}$  ohne ALD = 1,0  
 mit ALD =  $\min(16; (n_{50} + 1,5)/n_{50})$

Die Windschutzkoeffizienten der Tabelle 7.1 weisen bereits darauf hin, dass jede Wohneinheit zur Sicherstellung eines brauchbaren Infiltrationsluftwechsels zur Feuchtelüftung über mindestens zwei dem Wind ausgesetzte Fassaden verfügen sollte. Auch ist nur so eine Querlüftung bei freier Lüftung über die Fenster sicher gewährleistet. Gemäß DIN 1946-6 [R20] wird für Neubauten eine dauerhafte Luftwechselrate zum Feuchteschutz von etwa  $0,15 \text{ h}^{-1}$  gefordert.

### Hinweis:

DIN 4108-7 [R8] fordert, dass bei Durchführung eines Blower-Door-Tests der gemessene  $n_{50}$ -Wert  $3,0 \text{ h}^{-1}$  bei fenstergelüfteten und  $1,5 \text{ h}^{-1}$  bei mit Lüftungsanlagen ausgestatteten Gebäuden nicht überschreitet. Darauf wird auch in der EnEV (Anlage 4 Nr. 2) noch einmal deutlich hingewiesen. Da die Norm im engen Zusammenhang mit der bauordnungsrechtlich eingeführten DIN 4108-2 steht, darf davon ausgegangen werden, dass im Neubaubereich diese zuvor genannten Grenzwerte eingehalten werden **müssen**. Dies kommt einer Qualität mittlerer Art und Güte nach und wird sicherlich von der Bauherrenschaft mit Interesse verfolgt.

## 7.3 Prüfung der Luftdichtheit

Die Definition der ausreichenden Luftdichtheit eines Gebäudes erfolgt in DIN 4108-7. Häuser mit mechanischer Lüftungsanlage müssen dichter sein als solche mit Fensterlüftung. Die Überprüfung der ausreichenden Luftdichtheit der Gebäudehülle erfolgt mit dem sogenannten Blower-Door-Verfahren, bei dem über einen Ventilator ein Über- bzw. Unterdruck zwischen dem Gebäudeinneren und der Außenluft von  $50 \text{ Pa}$  erzeugt wird [R21]. Dies entspricht dem Winddruck einer senkrecht angeströmten Fläche bei einer Windgeschwindigkeit von etwa  $9 \text{ m/s} \approx 30 \text{ km/h}$ . Der sich aus den resultierenden Volumenströmen über Fugen oder Fehlstellen ergebende  $n_{50}$ -Wert sollte  $1,5$  pro Stunde in mechanisch belüfteten bzw.  $3,0$  pro Stunde in fenstergelüfteten Wohngebäuden nicht überschreiten.

**Tabelle 7.1: Lageabhängige Windschutzkoeffizienten von Räumen gemäß [R7]**

Lage	Windschutzkoeffizient $e_{\text{wind}}$	
	mehr als eine, dem Wind ausgesetzte, Fassade	eine, dem Wind ausgesetzte Fassade
freie Lage	0,10	0,03
halbfreie Lage	0,07	0,02
geschützte Lage	0,04	0,01



## 7.4 Luftdichtheitskonzept

Zum Erzielen einer luftdichten Gebäudehülle ist möglichst schon in der Entwurfsphase, aber spätestens im Rahmen der Detailplanung unbedingt ein Luftdichtheitskonzept zu erstellen. DIN 4108-7 fordert die Planung, Ausschreibung und Bauüberwachung der Maßnahmen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit. Sämtliche Bauteilanschlüsse mit Konstruktions- oder Materialwechseln sind durchzuplanen, den entsprechenden Gewerken im Rahmen der Ausschreibungen zuzuordnen und nach aller Erfahrung auch bauüberwachend zu begleiten. Die luftdichte Hülle muss das gesamte beheizte Volumen vollflächig umschließen, im Geschosswohnungsbau möglichst jede einzelne Wohneinheit für sich selbst, um hier über Treppenhäuser, Versorgungsschächte etc. Leckagen auszuschließen. Insbesondere ausgebaute Dachgeschosse mit Pfettendach und Kehlgebälk sind auf Grund der Vielzahl der konstruktionsbedingten Durchstoßpunkte zu beachten. Von besonderer Bedeutung im Mauerwerksbau ist die Sicherstellung der Luftdichtheit bei unverputzten Mauersteinen mit unvermörtelten Stoßfugen. Dies gilt z. B. im Bereich von Vorwandinstallationen oder an zusätzlichgedämmten Außenwänden. Hinweise zur sicheren Ausführung enthält z. B. [L25]. Eine Übersicht der kritischen Details und deren sachgerechte Ausführung gibt auch die DIN 4108-7 [R8].

### Hinweis:

Im Ziegel-Massivbau gilt, dass nassverputztes Mauerwerk mit mindestens einer verputzten Oberfläche grundsätzlich luftdicht ist; siehe DIN 4108-7 und DIN 4108-3. Demgegenüber muss bei Holzbauteilen generell eine zusätzliche Luftdichtheitschicht angebracht werden [R4 + R8].

Bild 7.1 zeigt die wesentlichen Anschlusspunkte, die im Rahmen der Detailplanung zu beachten sind. Zusammen mit den Anmerkungen in Tabelle 7.2 läßt sich somit ein ausreichendes Luftdichtheitskonzept für die Ausführung ableiten.

## 7.5 Luftdichte Bauteilanschlüsse

Erst die sorgfältige Ausführung der flächigen Bauteile und die entsprechende Fügung der aneinanderstoßenden Konstruktionen kann die gewünschte Dichtheit der gesamten Hülle bewirken. In der Fläche ist darauf zu achten, dass nach Fertigstellung der Luftdichtheitschicht durch Folgegewerke diese nicht verletzt wird. Etwa 15 verschiedene Positionen in einem typischen Wohngebäude sind besonders zu beachten (Tabelle 7.2).

## 7.6 Lüftungskonzept

Nahezu gegensätzlich zum Luftdichtheitskonzept ist neuerdings häufig die Forderung nach einem Lüftungskonzept. Dies wird ausschließlich in der DIN 1946-6 definiert und beschrieben. Diese Norm, die Anforderungen an die Planung, die Ausführung und Inbetriebnahme, den Betrieb und die Instandhaltung von notwendigen Lüftungs-Komponenten und Geräten im Wohnungsbau stellt, dient aber auch zur Planung und Dimensionierung für Einrichtungen zur freien Lüftung und für ventilatorgestützte Lüftungssysteme unter Berücksichtigung bauphysikalischer, lüftungstechnischer, hygienischer sowie energetischer Gesichtspunkte. Sie legt sowohl für die freien Lüftungssysteme als auch für die ventilatorgestützten Lüftungssysteme ein Kennzeichnungsschema fest.

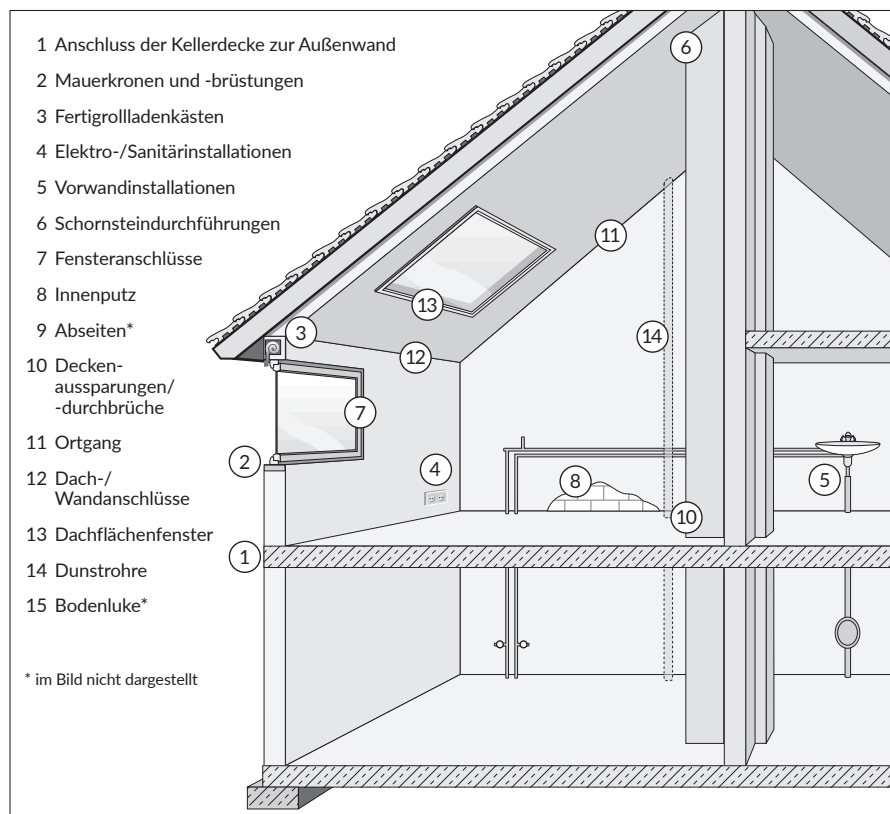


Bild 7.1: Übersicht typischer Details, deren Luftdichtheit besonders zu beachten ist

Bislang ist diese Norm bauordnungsrechtlich nicht eingeführt und in den Kreisen der Architekten und Bauplaner nicht sehr bekannt. Insbesondere bei besonders luftdicht ausgeführten Gebäuden mit niedrigen Grenzwerten  $n_{50}$  eines Blower-Door-Testes führt die Berechnung der nach dieser Norm erforderlichen Luftmengen häufig zu der Notwendigkeit einer maschinellen Lüftung und verdrängt damit die nutzerabhängige Fensterlüftung. Wichtige Hinweise zur Erzielung ausreichender Luftwechselraten zur Sicherstellung der Wohnhygiene bei freier Fenster-

lüftung liefert dagegen der DIN-Fachbericht DIN 4108-8, „Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden“ [R6]. Die Berechnung der erforderlichen Luftwechsel zur Feuchtelüftung über Infiltration ist in Kapitel 7.2 mittels einer einfachen Gleichung (31) beschrieben.

**Hinweis:**

Soll bei Einbau besonders dichter Fenster in eine ebenso dichte Gebäudehülle eine möglichst nutzerunabhängige Lüftungsmöglichkeit gegeben sein, bietet es sich an, sämtliche Fenster einer Wohnung mit sog. Fensterfalzlüftern in deren Blendrahmen auszustatten. Diese arbeiten in Abhängigkeit des Winddrucks und -sogs und sorgen somit für eine permanente aber ausreichend geringe Belüftung der angeschlossenen Räume.

**Tabelle 7.2: Schwachpunkte im Bereich der Luftdichtheitsschicht und mögliche Gegenmaßnahmen**

Rohbauphase	Detail	Maßnahme
1.	Anschluss der Kellerdecke zur Außenwand	Außenwände vollflächig ohne Überstand aufsetzen
2.	Mauerkronen und -brüstungen	mit oberseitigem Mörtelabgleich versehen
3.	Fertigrollladenkästen	am Auflager rundum mit Mörtel abgleichen
4.	Elektro-/Sanitärinstallationen	Steckdosen rundum eingipsen, Leitungsschlitze vollflächig luftdicht schließen
5.	Vorwandinstallationen	vor Außenwänden oder zu unbeheizten Bereichen ist das Mauerwerk zu spachteln
6.	Schornsteindurchführungen	Ausstopfen und dauerelastisch verschließen
<b>Ausbauphase</b>		
7.	Fensteranschlüsse	zum Baukörper komplett einschäumen oder Fugen ausstopfen und in beiden Fällen nachträglich luftdicht versiegeln
8.	Innenputz	Wandfuß der Außenwand bis auf die Rohdecke verputzen
9.	Abseiten	gemauerte Drempe bzw. Kniestöcke komplett verputzen
10.	Deckenaussparungen/-durchbrüche	von Installationen ausstopfen und sorgfältig verschließen
11.	Mauerkronen/Ortgang	zusätzlich oberseitig mit Dämmstoff versehen
12.	Dach-/Wandanschlüsse	an Außen-/Innenwänden mit geeigneten dauerhaften Techniken ausführen
13.	Dachflächenfenster	Luftdichtheitsschicht nachträglich abdichten
14.	Dunstrohre	Luftdichtheitsschicht nachträglich abdichten
15.	Bodenluke	Luftdichtheitsschicht nachträglich abdichten

## 8 Anlagentechnik

### 8.1 Allgemeines

Die heute überwiegend eingesetzten Warmwasser-Zentralheizungen zeichnen sich durch eine große Angebotsvielfalt und einen hohen Marktanteil aus. Luftheizungen finden bisher im Wohnungsbau keine nennenswerte Verbreitung. Auch künftig werden sie sicherlich nur bei Einsatz von mechanischen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung verwendet. Dies resultiert nicht nur aus der deutlich schlechteren Wärmespeicherung des Wärmeträgermediums, dessen begrenzter möglicher Übertemperatur und des erforderlichen hohen Kanalquerschnitts, sondern auch aus den häufig damit verbundenen akustischen Problemen durch das Übertragen von Körper- und Luftschall. Elektro-Direktheizungen und auch Elektro-Speicherheizungen sind mit relativ hohen Primärenergie-Aufwandszahlen behaftet, die im Neubaubereich nach den Forderungen der EnEV nur durch einen zusätzlichen Wärmeschutz ausgeglichen werden können. Der Einsatz von Wärmepumpentechnik wird von der Bundesregierung als besonders effiziente Lösung favorisiert. Die Primärenergiefaktoren für elektrischen Strom sind mit der EnEV 2014 auf 2,4 ge-

sunken und ab 1.1.2016 auf 1,8, so dass diese Heiztechnik zur Einhaltung verschärfter Anforderungen besonders attraktiv wird. Für die Nutzer ist allerdings zu befürchten, dass stetig steigende Stromkosten die Wirtschaftlichkeit dieser Heiztechnik in Frage stellen können. Der Einsatz besonders umweltfreundlicher Energieträger wie z. B. Holz in Form von Pellets oder Hackschnitzeln, wird auf Grund der noch hohen Investitionskosten der Anlagentechnik durch Förderprogramme, z. B. durch die KfW, unterstützt.

Die wasserführenden Heizsysteme werden in der Regel im geschlossenen Kreislauf mittels Umwälzpumpen betrieben. Die Auslegungstemperaturen der Heizkreise von Niedertemperatur- und Brennwerttechnik-Kesseln liegen heutzutage meist bei 55° C Vorlauf- und 45° C Rücklauftemperatur und können weiter reduziert werden, um einerseits die Verteilverluste zu mindern und andererseits alternative Wärmeerzeuger und solarthermische Komponenten effizienter einbinden zu können.

Der Brennwertkessel ist bei Erdgasversorgung mittlerweile Standard, auch für Ölfeuerungen gibt es hierfür Systemlösungen. Ebenso hat sich ein modulierender Brennerbetrieb auch bei kleinen Anlagen durchgesetzt, wodurch eine weitere Effizienzsteigerung bei den Wärmeerzeugern möglich ist.

## 8.2 Trinkwarmwasserbereitung

In kleineren und mittleren Wohngebäuden erfolgt die Warmwasserbereitung häufig zentral über die Heizwärmeerzeugung. Dazu wird ein Trinkwasserspeicher über die Zentralheizung beladen. Die standardmäßige Wärmedämmung der Speicher ist so ausgeführt, dass sich bei Temperaturdifferenzen aus etwa 50° C Speichertemperatur und 20° C Raumtemperatur Bereitschaftsverluste von etwa 600 kWh/a für einen 200-Liter-Speicher ergeben können, die allerdings mit

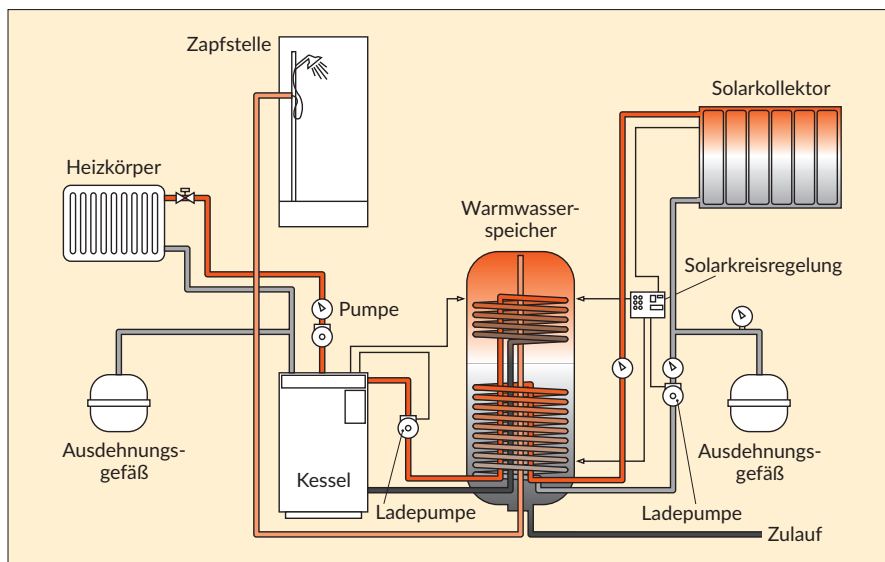


Bild 8.1: Strangschema einer Warmwasser-Zentralheizung mit gekoppelter Trinkwassererwärmung und thermischer Solaranlage

einer Heizwärmegutschrift von etwa 250 kWh/a einhergehen. Bei Aufstellung des Speichers im unbeheizten Keller gehen ca. 750 kWh/a verloren.

Die Versorgungsleitungen werden in der Regel mit einer zeitlich geregelten Zirkulationsleitung gekoppelt, die zwar durch die sofortige Bereitstellung heißen Wassers an der Zapfstelle einen hohen Komfort bewirkt, gleichzeitig aber die sogenannten Zirkulationswärmeverluste verursacht. Die Jahresnutzungsgrade der Warmwasserbereitung können so lediglich 35-45 % betragen [L13] – ein hohes Einsparpotential liegt vor.

Dezentrale Warmwasserbereitungssysteme nach dem Durchlauferhitzeprinzip weisen aufgrund der nicht anfallenden Zirkulations- und Bereitstellungsverluste sehr günstige Jahresnutzungsgrade von über 90 % auf. Die EnEV sanktioniert derartige Systeme wegen des nicht möglichen Einsatzes einer Solaranlage mit einer Reduzierung des zulässigen Primärenergiebedarfs um 10,0 kWh/(m<sup>2</sup> · a). Tabelle 8.1 zeigt eine Übersicht des Warmwasserbedarfs verschiedener Anwendungen [L13, L14].

Der Einsatz thermischer Solaranlagen erfolgt in der Regel in Verbindung mit dem an die zentrale Warmwassererzeugung angeschlossenen Speicher. Dieser weist neben seiner Dimension von etwa dem 2-fachen des täglichen Warmwasserbedarfs zwei Wärmetauscher, einen untenliegenden für die Solaranlage und einem oberliegenden für die Ladeleitung des Wärmeerzeugers auf. Die Solarkollektoren werden als Flachkollektoren ohne und mit Vakuum (zur besseren Wärmedämmung) oder als Vakuumröhrenkollektoren angeboten. Entsprechend unterschiedlich sind ihre Wirkungsgrade und die Investitionskosten [L15].

Bezogen auf den Energieverbrauch eines 4-Personenhaushalts mit etwa 3000 kWh beträgt die solare Deckung zwischen 50 und 60 % und kann dazu führen, die Heizanlage im Sommer komplett abzuschalten. Die Lebensdauer derartiger Anlagen wird mittlerweile mit 15-20 Jahren angegeben, eine Amortisation unter Zuhilfenahme von Fördermöglichkeiten ist damit möglich.

**Hinweis:**

Thermische Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung werden nach der EnEV im Referenzgebäude zugrunde gelegt. Sie lassen damit gleichzeitig die Anforderungen nach dem EEWärmeG (siehe auch Kapitel 9.6) erfüllen. Wird eine derartige Technik zur Nutzung regenerativer Energien nicht genutzt, müssen zur Kompensation von etwa 10 bis 15 kWh/(m<sup>2</sup> · a) Primärenergie erhebliche bauliche Zusatzmaßnahmen erfolgen.

**Tabelle 8.1: Warmwassermenge und Energiebedarf verschiedener Entnahmestellen**

Zapfstelle	Warmwassermenge [Liter]	Energiebedarf [kWh]
Spüle	15	0,53
Badewanne	140	5,8
Dusche	40	1,6
Waschtisch	17	0,7
Handwaschbecken	3	0,12

### 8.3 Mechanische Lüftungsanlagen

Bei Einsatz von Lüftungsanlagen zur kontrollierten Be- und Entlüftung können die Lüftungswärmeverluste durch den Einsatz von Wärmerückgewinnungsaggregaten um mehr als die Hälfte gemindert werden.

Praxiserfahrungen zeigen allerdings, dass durch Fensteröffnen und gleichzeitiges mechanisches Lüften hohe Luftwechselzahlen teilweise bis weit über 1,0 h<sup>-1</sup> erreicht werden. Durchschnittlich liegen trotz Vorhandenseins von Lüftungsanlagen die Außenluftwechsel um etwa 0,3 h<sup>-1</sup> höher als in Gebäuden ohne Lüftungsanlagen.

Das bedeutet, dass ein Umdenken im Gebrauch der Anlagentechnik und nutzerfreundliche Steuerungen nötig sind. Andererseits sind Maßnahmen zur Zwangslüftung über definierte Zuluftöffnungen gekoppelt mit Abluftschächten oder über Außenluftdurchlässe (ALD), eine kosten- und bedienungsfreundliche Alternative, wenn sie einen kontrollierten Luftaustausch ermöglichen [L16, L17].

Die EnEV setzt im Referenzgebäude die Verwendung einer mechanischen Abluftanlage in Verbindung mit Außenwand-Luftdurchlässen voraus. Der Heizwärmeeinsparung durch einen um etwa 10 % geringeren Luftwechsel steht der Ventilatorstrom entgegen. Bei Nutzung konventionell erzeugten elektrischen Stroms wirkt sich diese Maßnahme gegenüber einem luftdichten, über die Fenster gelüfteten Gebäude primärenergetisch nicht aus. Weiterhin muss der Einsatz dieser Technik neben den Investitions- und Betriebskosten auch unter den Aspekten der baulichen Zusatzmaßnahmen wie z. B. zusätzlicher Öffnungen in der Fassade zur Zuluftführung betrachtet werden.

Die Rückwärmehzahlen von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung unterschritten in der Vergangenheit allerdings häufig einen Wert von 0,5 bzw. 50 %. Eine Energieeinsparung war damit häufig nicht nachweisbar [L3, L11]. Moderne und fachgerecht eingebaute Anlagen erreichen effektive Wärmerückgewinnungsraten > 80 %. Zu beachten sind weiterhin die Betriebs- und Wartungskosten derartiger Anlagen, da die wohnflächenbezogenen Stromverbräuche zwischen 3 und 7 kWh/(m<sup>2</sup> · a) liegen können.

Mittels Abluftwärmepumpen lassen sich die Lüftungswärmeverluste nahezu vollständig rückgewinnen. Bei dieser Maßnahme wird in der Regel das Brauchwasser vorgewärmt.

Durch gezielte Luftführung über Erdreichkanäle, Pufferräume, Verglasungs-

oder Konstruktionssysteme kann die Außenluft im Winter vorgewärmt und im Sommer unter Umständen vorgekühlt werden. Im Wohnungsbau sind diese Maßnahmen wegen des geringen Frischluftbedarfs allerdings wenig effizient.

**Hinweis:**

Nach EnEV Anlage 1, Punkt 2.7 dürfen Lüftungsanlagen nur dann angerechnet werden, wenn der Mindestluftwechsel sichergestellt ist und bei Wärmerückgewinnung nur nach den Regeln der Technik nachgewiesene Kennwerte eingesetzt werden. Darüber hinaus müssen die Anlagen durch den Nutzer individuell beeinflussbar sein. Im Nachweis angesetzte Wohnungslüftungsanlagen sollen eine Anlagenluftwechselzahl von 0,4 h<sup>-1</sup> nicht überschreiten.

DIN V 4701-10 weist einen Bonus zum rechnerischen Heizwärmebedarf von 13,5 bis 17,2 kWh/(m<sup>2</sup> · a) bei einem Anlagenluftwechsel von 0,4 h<sup>-1</sup> aus. Werden von diesem Nutzen die Aufwände für Wärmeübergabe, Regelung und Verteilverluste abgezogen, bleibt eine Mindesteinsparung von etwa 3 und 7 kWh/(m<sup>2</sup> · a) Primärenergie übrig. Dies gilt allerdings nur für den Fall, dass die Anlagenkomponenten innerhalb der beheizten Gebäudehülle montiert sind.

### 8.4 Heizungsanlagen

Zwischen den unterschiedlichen am Markt befindlichen Heizsystemen (Radiator-, Konvektor-, Flächen- und Luftheizung) bestehen bei ordnungsgemäßer Ausführung keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Energieverbrauchs. Zum Mehrverbrauch an Heizenergie kommt es in der Regel nur durch Überdimensionierung einzelner Anlagenteile oder eine schlechte Ausführungsqualität.

Eine besondere Bedeutung kommt der Auslegung und der Betriebsweise des Wärmeerzeugers zu. Im Winter liegen die Nutzungsgrade bei Erreichen der maximalen Heizlast bei annähernd 90 %. Über die Heizperiode gemittelt ergeben sich daraus sogenannte Jahresnutzungsgrade von etwa 0,85 für Niedertemperaturkessel (NT) und etwa 0,95 - 1,05 für Brennwertkessel (BW).

Die Brennwertnutzung erlaubt diese höheren Nutzungsgrade, da durch Kondensation der Abgase die darin enthaltene Energie des Wasserdampfes zusätzlich zur Erwärmung des Heizwassers beiträgt. Dies bedeutet allerdings, dass die Temperaturen der durch einen feuchteunempfindlichen Schornstein oder durch eine sogenannte Abgasleitung entweichende Abgase unter 50° C sinken müssen und das anfallende Kondensat aufgefangen oder nachbehandelt werden muss.

Neuere Brenner mit variablem Brennstoffdurchsatz vermeiden ein häufiges Ein- und Ausschalten und die damit verbundenen Verluste. Der starke Abfall der Wirkungsgradkurven zu geringen Auslastungen hin verlangt eine möglichst gute Kesselanpassung an den tatsächlichen Wärmebedarf. Eine Unterdimensionierung des Wärmeerzeugers, z. B. 5 bis 10 % unter Normwärmebedarf, könnte erreichen, dass die Kessel mit besserer Auslastung betrieben werden. Die „Unterdeckung“ bei Auslegungsklimabedingungen ließe sich durch regeltechnische Maßnahmen, z. B. Dauerheizbetrieb bei extrem niedrigen Außenlufttemperaturen, ausgleichen. Eine Reduzierung des Heizenergiebedarfs von 10 bis 30 % ist durch die optimale Anpassung des Wärmeerzeugers möglich. Wohnflächenbezogene Anlagenverluste moderner Heizsysteme liegen zwischen 10 und 20 kWh/(m<sup>2</sup> · a) [L18].

#### Hinweis:

Entscheidend ist, den Jahresnutzungsgrad der gesamten Heizanlage, also Kessel, Verteilung, Regelung und Heizkörper zu optimieren und nicht allein den oftmals angegebenen Kesselnutzungsgrad oder gar den vom Schornsteinfeger gemessenen feuerungstechnischen Wirkungsgrad zu betrachten.

Der Einsatz von Wärmepumpen zur Beheizung von Niedrigenergiehäusern ist in der Regel bei Grundwassernutzung sinnvoll, da hier eine genügend hohe Energiedichte vorliegt. Luft-Wasser-Wärmepumpen sind auf Grund der geringen Quelltemperatur der Außenluft im Winter nicht immer monovalent zu betreiben und erfordern daher häufig einen zusätzlichen Heizerzeuger wie z. B. einen elektrischen Heizstab. Die Investitionskosten, die Lebensdauer und die Betriebskosten (Strom) sind gegenüber fossil befeuerten Anlagen kritisch zu prüfen.

Die Verteilung des Wärmeträgers vom Wärmeerzeuger zu den einzelnen Räumen im Gebäude ist mit Wärmeverlusten verbunden. Bei Verlegung von Rohren und Kanälen an Innenbauteilen bleiben diese Verluste innerhalb des Gebäudes. Die Höhe der Verteilungsverluste hängt von den Temperaturen des wärmeübertragenden Mediums und der Wärmedämmung der Rohrleitungen und Kanäle ab. Sie betragen bei Verlegung innerhalb der thermischen Hülle im Mittel etwa 5 % des Heizenergiebedarfs. Bei niedrigen Vorlauftemperaturen und optimaler Rohrdämmung können sie bis auf ca. 3 % reduziert werden.

Durch eine sorgfältige Regelung kann unnötiger Wärmeverbrauch aufgrund zeitlicher und räumlicher Überhitzungen vermieden werden. Die durch die Trägheit der Regeleinrichtungen bewirkten Heizenergieverluste bewegen sich je nach Güte der Regelung zwischen 3 und 10 %. Deutliche Ener-

gieeinsparquoten lassen sich durch eine Nachtabschaltung und durch Einzelraumregelungen realisieren. Die Einsparungen liegen zwischen 10 und 15 %.

### 8.5 Bewertung nach DIN V 4701-10

DIN V 4701-10 [R11] „Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen, Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung“ beschreibt die energetische Bewertung der Komponenten mittels alternativer Verfahrenswege. Im umfangreichen Anhang C der Norm werden anhand übersichtlicher Tabellen die wichtigsten Einzelgrößen zur Bestimmung des anlagentechnischen Energieaufwandes dargestellt.

Im ausführlichen ersten Teil der Norm sind sämtliche Rechenalgorithmen hinterlegt, so dass individuelle Anlagenkomponenten bewertet werden können. Dadurch ist es möglich, neben den normierten Anlagenkennwerten auch herstellerspezifische Angaben in den Berechnungen zu berücksichtigen. Neben der planerischen Verantwortung ist in diesem Fall die Bauüberwachung von besonderer Relevanz, um die Umsetzung dieser individuellen Techniken gewährleisten zu können.

Selbstverständlich gilt, dass mit dem aufwändigsten der Verfahren eine höhere Genauigkeit erreicht wird, als mit den einfacheren Ansätzen, die mit gewissen Pauschalierungen auskommen müssen. Die Struktur der DIN V 4701-10 orientiert sich an der Reihenfolge der sogenannten Aufwände, die in der Summe dem Kehrwert des in der Vergangenheit eher bekannten Jahresnutzungsgrad einer Anlage entsprechen. Der Begriff des Anlagenaufwands beschreibt die Verluste der verschiedenen Anlagenkomponenten von der Nutzenseite. Hiermit ist die Deckung des erforderlichen Raumwärmebedarfs gemeint, bis hin zur Primärenergiequelle:



1. Die dem Raum zugeführte Heizwärme wird über zu regelnde Heizflächen bereitgestellt. Hier ergeben sich je nach gewähltem System sogenannte Übergabeverluste.
2. Der größte Teil der Verluste entsteht im Bereich der Wärmeverteilung. Im kalten Keller verlegte Rohrleitungen bedingen etwa doppelt so hohe Verteilverluste, wie in der Estrichdämmung verlegte Horizontalverteilungen. Die Lage der Vertikalstränge wird zwischen Außenwand- und Innenwandverlegung unterschieden.
3. Den zuvor genannten Verlustanteilen vorgeschaltet sind mögliche Speicherverluste und vor allem die Stillstandsverluste der Heizkessel. Eine Aufstellung im beheizten Bereich des Gebäudes führt zu einem deutlich geringeren Verlust als die Aufstellung im kalten Keller.
4. Letztendlich werden die zusätzlich zu den in der Regel fossilen Brennstoffen benötigten elektrischen Hilfsenergien für Pumpen, Brenner und Regelung saldiert.
5. Die fossilen Energieträger sind mit dem Faktor 1,1 für Transport- und Förderaufwände und der Strombedarf mit einer Aufwandszahl von 2,4 bis 31.12.2015 und 1,8 ab 01.01.2016 zu multiplizieren, damit eine Bewertung der Primärenergie gemäß EnEV erfolgen kann.

Zur schnellen Ermittlung der Anlagenaufwandszahl müssen folgende Festlegungen in der Vorplanung schon getroffen sein:

1. Heizung:
  - Art des Wärmeübergabesystems (z. B. Heizkörper oder Fußbodenheizung)
  - Positionierung der Heizflächen an Außen-/Innenwand
  - Art der Regelung der Heizflächen (Heizkörperventile o. elektronisch)
  - Systemtemperaturpaarung der Heizkreise
  - Lage der Verteilleitungen (inner-/außerhalb) der thermischen Hülle
  - Art des Wärmeerzeugers (z. B. NT/BW-Kessel, Wärmepumpe, Fernwärme, Biomasse)
  - Aufstellort des Wärmeerzeugers (innerhalb/außerhalb) der thermischen Hülle
2. Trinkwassererwärmung:
  - zentral mit/ohne Zirkulation oder dezentral
  - Lage der Verteilleitungen (inner-/außerhalb) der thermischen Hülle
  - Art des Wärmeerzeugers (z. B. NT/BW-Kessel, Solaranlage)
  - Aufstellort des Speichers (inner-/außerhalb) der thermischen Hülle
  - Aufstellort des Wärmeerzeugers (inner-/außerhalb) der thermischen Hülle
3. Lüftungsanlage:
  - Art der Anlage mit allen Komponenten

Die Verwendung neuer Heizungstechniken wie z. B. Erdgaswärmepumpen, Blockheizkraftwerke, saisonale Wasserspeicher in sog. Solarhäusern zeigt immer mehr die Grenzen der seit 2001 existenten DIN 4701-10 auf. Diese Arten der Wärmeerzeugung können zukünftig nur noch mit den Rechen-

ansätzen der DIN V 18599 sachgerecht bewertet werden, so dass die in der Anwendung deutlich einfachere DIN 4701-10 spätestens zur nächsten großen Novelle der EnEV mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr herangezogen werden kann.

Die folgende Tabelle 8.2 zeigt die Primärenergie-Aufwandszahlen  $e_p$  einiger ausgewählter Muster-Heizanlagen inklusive der Trinkwassererwärmung, wie sie für typische Wohngebäude nach DIN V 4701-10 auszurechnen sind. Die niedrigeren Werte sind in der Regel für Gebäude mit höherem Heizwärmebedarf  $q_h$  gültig, während die höheren Grenzwerte bei sehr kompakten und in der Regel auch mit geringerem Heizwärmebedarf ausgestatteten Gebäuden auftreten:

$$q_p = e_p \cdot (q_h + q_{TW}) \quad (32)$$

**Hinweis:**

Die Spannweite der Anlagenaufwandszahlen resultiert im Wesentlichen aus deren Definition: Während der Trinkwarmwasserbedarf  $q_{TW}$  mit  $12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  als feststehende Größe definiert ist, kann der Heizwärmebedarf bei Gebäuden nach EnEV durchaus zwischen 40 und  $90 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  schwanken. Die absoluten Verluste einer bestimmten Anlagenkombination sind in der Regel relativ unabhängig vom Heizwärmebedarf des Gebäudes und somit nahezu konstant. Es liegt eine hohe Nutzflächen-(Verteillängen)abhängigkeit der Verteilverluste vor. Aus diesem Grund ist die Gesamt-Aufwandszahl bei kleinen  $q_h$ -Werten hoch, bei großen Werten des Heizwärmebedarfs deutlich kleiner, trotz exakt gleicher Anlagenqualität.

**Tabelle 8.2: Primärenergie-Aufwandszahlen typischer Heizanlagen**

Heizanlage inkl. Trinkwassererwärmung für Einfamilienhäuser	Anlagenaufwandszahl $e_p$ [-]
Niedertemperatur-Kessel 70/55° C komplett im beheizten Bereich aufgestellt	1,3-1,8
Brennwert-Kessel 55/45° C komplett im beheizten Bereich aufgestellt	1,2-1,6
Brennwert-Kessel 55/45° C komplett im beheizten Bereich aufgestellt und solare Trinkwassererwärmung ( $f_{p, Strom} = 1,8$ )	1,08-1,15
Brennwert-Kessel 55/45° C komplett im beheizten Bereich aufgestellt und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	1,13-1,48
Brennwert-Kessel 55/45° C, Solaranlage, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	0,8-0,9
Biomasse (z. B. Pellets) – Erzeuger, Kesselaufstellung im Keller	0,5-0,6
Wärmepumpe Sole/Wasser mit Fußbodenheizung	0,6-0,7
Wärmepumpe Luft/Wasser mit Fußbodenheizung	0,65-0,75
Wärmepumpe Sole/Wasser und Lüftungsanlage mit WRG	ca. 0,7

### 8.6 Anlagen zur Kühlung

Die EnEV verlangt die Berücksichtigung des Primärenergiebedarfs zur Raumkühlung. Die EnEV-Randbedingungen gehen davon aus, dass ein Wohngebäude nicht mittels Kältemaschinen gekühlt wird. Sollen maschinell gekühlte Wohngebäude oder Gebäudeteile bewertet werden, kann dies nur noch mit der DIN V 18599 bilanziert werden. Der dafür zusätzlich erforderliche Strombedarf muss den zulässigen Primärenergiebedarf des ungekühlten Referenzgebäudes einhalten. Es bietet sich für Wohngebäude mit großen Fensterflächen daher an, auf passive Kühlstrategien auszuweichen. Dazu gehören z. B. sogenannte Sohlplattenkühler, die in Verbindung mit einer Fußbodenheizung das Heizungswasser im Sommerfall durch ein in der Sohlplatte integriertes Rohrregister pumpen oder aber bei Vorhandensein einer Wärmepumpenheizung mit Erdreich-Sole-Wärmeübertrager das von der Sonne erwärmte Wasser der Fußbodenheizung mit dem Erdreichregister austauschen, ohne Inbetriebnahme des Kompressors der Wärmepumpe.

Diese passiven Kühlstrategien können auch im Rahmen des Nachweises zum sommerlichen Wärmeschutz angerechnet werden. Im Rahmen der Primärenergiebilanz werden bislang diese passiven Maßnahmen nicht bilanziert, da sie lediglich als Komfortverbesserung gelten und eine Sollkühltemperatur nicht ermittelt werden kann.

### 8.7 Regenerativ erzeugter elektrischer Strom

Die EnEV 2016 erlaubt die Anrechnung von selbst erzeugtem elektrischem Strom aus erneuerbaren Energien zur Kompensation der Primärenergie für den Fall, dass dieser im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zu dem Gebäude gewonnen wird, unmittelbar nach Erzeugung oder nach vorübergehender Speicherung selbst genutzt und nur die überschüssige Energiemenge in ein öffentliches Netz eingespeist wird. Es darf jeweils nur so viel Strom angerechnet werden, wie für die Nutzung der Heizung, der Trinkwassererwärmung, Lüftung und

Klimatisierung einschließlich der dazu erforderlichen Hilfsenergien benötigt wird. Die Bilanzierung der Erträge hat monatsweise nach DIN V 18599, Teil 9 zu erfolgen. Dies gilt sowohl für Photovoltaik-Strom als auch für Strom aus Windenergie.

Mit der Anrechnung selbst erzeugten Stroms lassen sich insbesondere strombasierte Energieerzeugungsmaßnahmen günstig darstellen. Dabei wird der regenerativ erzeugte Strom durch Verdrängung des Netzstroms mit dem schlechteren Primärenergiefaktor  $f_p$ , des sog. Verdrängungsstrommixes von 2,8, im Gegensatz zum aus dem Netz bezogenen Strom, mit 2,4 bilanziert.

Die praktische Umsetzung einer solchen Maßnahme ist allerdings vor allem im Geschosswohnungsbau mit unterschiedlichen Nutzern unter Umständen aufwändig, da die Stromverbräuche und –erträge mit dem ortsansässigen Stromversorger abgerechnet werden müssen.

## 9 Anforderungen

### 9.1 Anforderungen an zu errichtende Wohngebäude

Die Hauptanforderung an Wohngebäude sowie gemäß Definition auch an Wohn-, Alten- und Pflegeheime sowie ähnliche Einrichtungen (EnEV § 2, Satz 1) richtet sich wie mit der EnEV 2002 eingeführt an den einzuhaltenden Primärenergiebedarf der Wärmebereitstellung für Warmwasser, Heizung und auch der Kühlung.

Der auf die Gebäudenutzfläche  $A_N$  bezogene zulässige Primärenergiebedarf ist bereits seit Inkrafttreten der EnEV 2009 nicht mehr abhängig vom Hüllflächen-Volumen-Verhältnis  $A/V$  eines Gebäudes, sondern allein vom Energiebedarf des mit normierten Randbedingungen berechneten Referenzge-

bäudes (EnEV Anlage 1, Tabelle 1). Eine Übersicht der vom Ordnungsgeber festgelegten Randbedingungen zeigt Tabelle 9.1. Damit wurde ein Verfahren gewählt, das exakt dem des Nichtwohngebäudesektors entspricht und welches für derartige Gebäudenutzungen bereits mit der EnEV 2007 eingeführt wurde. Der Vorteil der Vorgehensweise besteht darin, dass der nicht existente Zusammenhang zwischen dem Kompaktheitsgrad (A/V-Verhältnis) des Gebäudes zu den Anlagenverlusten, den Lüftungswärmeverlusten und auch den internen und solaren Einträgen über die Fassaden den zulässigen Primärenergiebedarf nicht mehr unberechtigt dominiert. Selbstverständlich gehen damit auch Nachteile einher: Die Abhängigkeiten aus Fensterflächenanteilen der Fassaden sowie der Einfluss des architektonischen Entwurfs (A/V-Verhältnis) fließen nicht in die Anforderungen ein.

Die rechnerische Gebäudenutzfläche  $A_N$  ergibt sich aus dem Bruttovolumen  $V_e$  zu:

$$A_N = 0,32 \cdot V_e \text{ [m}^2\text{]} \quad (33)$$

Beträgt die Brutto-Geschosshöhe  $h_g$  mehr als 3 m oder weniger als 2,5 m, so ist  $A_N$  wie folgt zu ermitteln:

$$A_N = (1/h_G - 0,04) \cdot V_e \text{ [m}^2\text{]} \quad (34)$$

#### Hinweis:

Die nach EnEV und DIN V 4108-6 ermittelte Gebäudenutzfläche  $A_N$  stimmt nur in den wenigsten Fällen mit der Wohnfläche eines Gebäudes überein und ist lediglich eine normierte Bezugsfläche. Allerdings sind sämtliche in DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 festgelegten flächenbezogenen Kennwerte auf diesen Flächenansatz bezogen. Das führt in der Regel zu niedrigeren rechnerischen, auf die Gebäudenutzfläche bezogenen Werten, als in der Praxis vorgefunden. Gleichwohl zeigen die Absolutwerte für das Gesamtgebäude eine gute Übereinstimmung mit ausgeführten Objekten [L3-L4, L10-L12].

#### Anforderungsniveau EnEV 2016

Nachdem die Hauptanforderung Jahresprimärenergiebedarf für das Referenzgebäude für die EnEV 2014 im Zeitraum 1. Mai 2014 bis 31. Dezember 2015 unverändert blieb, wird auf Grundlage des unveränderten Referenzgebäudes der zulässige Jahresprimärenergiebedarf mit der zweiten Verschärfungsstufe pauschal um 25 % erhöht. Die erhöhten Anforderungen sind ein weiterer Schritt hin zum Nied-

rigstenergiegebäude, das ab dem Jahr 2021 europaweit Neubaustandard und bei behördlichen Gebäuden bereits ab 2019 umgesetzt werden soll. Die Absenkung des zulässigen Jahresprimärenergiebedarfs wird durch die Tabelle 9.1, Zeile 1.0 beschrieben. Danach ist der berechnete Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren. Dies geht einher mit der planerischen Aufgabe, die in der Tabelle aufgeführten Wärmedurchgangskoeffizienten und/oder die technische Gebäudeausrüstung anzupassen.

Der zulässige Jahresprimärenergiebedarf  $Q_p$  ergibt sich zu:

$$Q_{p,zul} \leq 0,75 \cdot Q_{p,ref,2009} \text{ [kWh/m}^2 \cdot \text{a]} \quad (35)$$

Bezüglich der Festlegungen des zulässigen Transmissionswärmeverlustes bedient man sich in der aktuellen EnEV der sogenannten Ankerwertmethode, die sich analog zum Jahresprimärenergiebedarf am Referenzgebäude 2009 orientiert. Dabei wird die neue bauliche Mindestanforderung an die Hülle des Referenzgebäudes der EnEV 2009 gestellt. Als Nebenanforderung sind zudem die maximal zulässigen mittleren U-Werte der Gebäudehülle gemäß Tabelle 9.2 einzuhalten.



Bild 9.1: Real geplantes Gebäude (links) und das dazu gehörende Referenzgebäude (rechts) mit Bauteil- und Anlagenausführung gemäß Tabelle 9.1

**Tabelle 9.1: Ausführung des Referenzgebäudes**

Zeile	Bauteil/Systeme	Referenzausführung/Wert (Maßeinheit)	
		Eigenschaft (zu Zeilen 1.1 bis 3)	
1.0	Der berechnete Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes nach den Zeilen 1.1 bis 8 ist für Neubauvorhaben ab dem 1. Januar 2016 mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren. § 28 bleibt unberührt.		
1.1	Außenwand (einschließlich Einbauten, wie Rollladenkästen), Geschossdecke gegen Außenluft	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.2	Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.3	Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.4	Fenster, Fenstertüren	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	$g_{\perp} = 0,60$
1.5	Dachflächenfenster	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_w = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	$g_{\perp} = 0,60$
1.6	Lichtkuppeln	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_w = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	$g_{\perp} = 0,64$
1.7	Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
2	Bauteile nach den Zeilen 1.1 bis 1.7	Wärmebrückenzuschlag	$\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
3	Luftdichtheit der Gebäudehülle	Bemessenswert $n_{50}$	Bei Berechnung nach • DIN V 4108-6: 2003-06: mit Dichtheitsprüfung
4	Sonnenschutzvorrichtung	keine im Rahmen der Nachweise nach DIN V 4108-6: 2003-06 und DIN V 4701-10: 2003-08 anzurechnende Sonnenschutzvorrichtung	
5	Heizungsanlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmeerzeugung durch Brennwertkessel (verbessert), Heizöl EL, Aufstellung: <ul style="list-style-type: none"> <li>für Gebäude bis zu 500 m<sup>2</sup> Gebäudenutzfläche innerhalb der thermischen Hülle</li> <li>für Gebäude mit mehr als 500 m<sup>2</sup> Gebäudenutzfläche außerhalb der thermischen Hülle</li> </ul> </li> <li>Auslegungstemperatur 55/45 °C, zentrales Verteilsystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge und Anbindeleitungen, Standard-Leitungslängen nach DIN V 4701-10: 2003-08 Tabelle 5.3-2, Pumpe auf Bedarf ausgelegt (geregelt, <math>\Delta_p</math> konstant), Rohrnetz hydraulisch abgeglichen</li> <li>Wärmeübergabe mit freien statischen Heizflächen, Anordnung an normaler Außenwand, Thermostatventile mit Proportionalbereich 1 K</li> </ul>	
6	Anlage zur Warmwasserbereitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>zentrale Warmwasserbereitung</li> <li>gemeinsame Wärmebereitung mit Heizungsanlage nach Zeile 5</li> <li>Solaranlage mit Flachkollektor zur ausschließlichen Trinkwassererwärmung entsprechend den Vorgaben nach DIN V 4701-10: 2003-08 Tabelle 5.1-10 mit Speicher, indirekt beheizt (stehend), gleiche Aufstellung wie Wärmeerzeuger <ul style="list-style-type: none"> <li>kleine Solaranlage bei <math>A_N \leq 500 \text{ m}^2</math> (bivalenter Solarspeicher)</li> <li>große Solaranlage bei <math>A_N &gt; 500 \text{ m}^2</math></li> </ul> </li> <li>Verteilsystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innenliegende Stränge, gemeinsame Installationswand, Standard-Leitungslängen nach DIN V 4701-10: 2003-08 Tabelle 5.1-2 mit Zirkulation</li> </ul>	
7	Kühlung	keine Kühlung	
8	Lüftung	zentrale Abluftanlage, bedarfsgeführt mit geregelter DC-Ventilator	

Der zulässige Transmissionswärmeverlust  $H_T^1$  ergibt sich zu:

$$H_{T,zul}^1 \leq H_{T,ref,EnEV\ 2009}^1 \leq H_{T,zul,EnEV\ 2009}^1 \quad [W/m^2 \cdot K] \quad (36)$$

Ebenfalls zum 1. Januar 2016 wurde der Primärenergiefaktor für den nicht erneuerbaren Anteil am Strom-Mix  $f_p$  von 2,4 auf 1,8 angepasst. Diese Reduktion begründet der Verordnungsgeber durch den steigenden Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung.

Als Referenzklima ist seit dem 1. Mai 2014 Potsdam zu verwenden. Hier ergeben sich gegenüber dem Referenzklima Würzburg abweichende Jahresverläufe sowohl bei der solaren Strahlung als auch der Außentemperatur. Dadurch nimmt der Nutzenergiebedarf für die Heizung ab, der Nutzenergiebedarf für Kühlung steigt allerdings an.

In Konsequenz liegen die Verschärfungen für den zulässigen Jahresprimärenergiebedarf je nach Gebäudetyp und verwendeter Anlagentechnik bei 30 % sowie einer Verschärfung der Transmissionswärmeverluste von etwa 20 %. Hierbei ist eine deutliche Abkehr von öl- und gasbetriebener Anlagentechnik zu Gunsten strombasierter Lösungen zu verzeichnen.

Ferner stellt sich die Frage, ob das Festhalten an der bisherigen Berechnungsprozedur der EnEV 2009 mit der Übernahme des Referenzniveaus in der Lage ist, die tatsächlich erforderliche energetische Effizienz von Bauteilen und Anlagentechnik nach diesem Verfahren abzubilden. Auf Basis der Referenzausführung lassen sich die Anforderungsverschärfungen nicht erfüllen.

bilanziert werden darf, wenn zuvor die Luftdichtheit der Gebäudehülle mittels Blower-Door-Verfahren mit einem  $n_{50}$ -Luftwechsel  $\leq 1,5\ h^{-1}$  nachgewiesen wurde. So wird die Luftdichtheitsprüfung in Neubauten nahezu obligatorisch. Der Anforderungswert  $n_{50} \leq 3,0\ h^{-1}$  gilt weiterhin für Gebäude(teile) ohne raumlufttechnische Anlagen = Fensterlüftung.

Tabelle 9.2 beinhaltet diese Anforderungen an den Neubau gemäß EnEV § 3 sowie an Gebäudeerweiterungen gemäß EnEV § 9, Abs. 5.

**Hinweis:**

Das Referenzgebäude kann wegen der nicht vorhandenen Einschränkungen der Hüllflächenanteile – z. B. bei sehr großen Fensterflächen – einen höheren Transmissionswärmeverlust  $H_T^1$  aufweisen, als nach Tabelle 9.2 für das reale Gebäude zulässig ist. Dies führt dazu, dass für solche Fälle ein sehr viel besserer Wärmeschutz der vorhandenen Gebäudehülle einzuplanen ist.

Somit gilt die Aussage nicht, dass ein reales Objekt mit den Ausführungen des Referenzgebäudes immer die EnEV-Anforderungen erfüllt!

Angepasst wurden bereits in der EnEV 2014 die Anforderungen an die Dichtheit großer Gebäude. Sobald das konditionierte Luftvolumen den Wert von  $1500\ m^3$  übersteigt, wird der Volumenstrom auf die Hüllfläche des Gebäudes bezogen. Er darf dann bei Gebäuden ohne raumlufttechnische Anlagen  $4,5\ m\ h^{-1}$  und bei Gebäuden mit RLT  $2,5\ m\ h^{-1}$  nicht überschreiten.

Parallel zur Luftdichtheit der Gebäudehülle ist in der EnEV ebenfalls die Durchführung von Mindestluftwechseln in einem fertig gestellten Haus verankert.

**9.3 Berücksichtigung von Wärmebrücken**

**9.2 Luftdichtheit der Gebäudehülle**

Ein hoher Wärmeschutz der Gebäudehülle wirkt sich gravierend auf die Wärmebrückenthematik (EnEV § 7) der Bauteilanschlüsse aus. Die bisher im Beiblatt 2 zu DIN 4108 beschriebenen und von der EnEV für pauschale Nachweise mit reduziertem Zuschlag anzusetzenden Wärmebrückendetails sind vor allem bei Einsatz von Fenstern mit Dreifachverglasungen, Dachdämmungen  $> 20\ cm$  und mehrlagigen Fußbodendämmungen nicht ohne weiteres anwendbar. Müssen hier z. B. Gleichwertigkeitsnachweise geführt werden, kann darauf verzichtet werden, wenn der Wärmeschutz der geplanten Bauteile höher ist, als in den Beiblatt-Beispielen zugrunde gelegt ist.

**Tabelle 9.2: Höchstwerte des auf die wärmetauschende Hüllfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes  $H_{T,zul,EnEV2009}^1$  für fünf verschiedene Gebäudesituationen gemäß [R1]**

Gebäude freistehend $A_N \leq 350\ m^2$	Gebäude freistehend $A_N > 350\ m^2$	Doppelhaus-hälfte/Reihenendhaus angebaut	Reihenmittelhaus/Baulücke	Erweiterung gemäß § 9, Abs. 5
0,4 $W/(m^2 \cdot K)$	0,5 $W/(m^2 \cdot K)$	0,45 $W/(m^2 \cdot K)$	0,65 $W/(m^2 \cdot K)$	0,65 $W/(m^2 \cdot K)$

Darüber hinaus führen die pauschal nach Norm angenommenen Wärmebrückenverluste zu einer deutlich



nachteiligen rechnerischen Bewertung der schon heute in der Praxis ausgeführten hochwertigen Anschlussdetails. Eine zahlenmäßige Abschätzung für alle Mauerwerksarten und Gebäudeentwürfe als Durchschnittswert anzugeben, ist schwierig.

Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass der im Referenzgebäude zugrunde gelegte, auf die Gebäudehüllfläche bezogene Pauschalwert  $\Delta U_{WB}$  von  $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  beim detaillierten Nachweis um mindestens 50 %, bei optimierten Details sogar auf Null reduziert werden kann.

## 9.4 Sommerlicher Wärmeschutz

Der sommerliche Wärmeschutz wurde im Zuge der Überarbeitung der DIN 4108-2: 2013-02 [R3] neu gefasst. Er ist wie bisher normativ im Rahmen eines vereinfachten Verfahrens über eine Begrenzung der Sonneneintragskennwerte oder alternativ mittels dynamischer Gebäudesimulationsrechnungen für einzelne Räume, Raumgruppen oder Nutzungszonen nachzuweisen. Die Zielsetzung lautet in erster Linie, den Gebäudenutzer vor hohen Raumtemperaturen zu schützen und eine Energieeinsparung durch die Vermeidung von Klimatisierungsbedarf sicher zu stellen.

## 9.5 Anforderungen an die Anlagentechnik

Heizkessel (EnEV § 13), die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden und deren Nennleistung mindestens vier Kilowatt und höchstens 400 Kilowatt beträgt, dürfen zum Zwecke der Inbetriebnahme in Gebäuden nur eingebaut oder aufgestellt werden, wenn sie über eine CE-Kennzeichnung und damit über Mindest-Wirkungsgrade verfügen. Das Produkt aus der Erzeugeraufwandzahl  $e_g$  und dem Primärenergiefaktor

$f_p$  darf dabei nicht größer als 1,3 sein. Darüber hinaus gelten weitere Anforderungen an andere als hier genannte Wärmeerzeuger.

Zentralheizungen (EnEV § 14) müssen beim Einbau in Gebäude mit zentralen, selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Verringerung und Abschaltung der Wärmezufuhr sowie zur Ein- und Ausschaltung elektrischer Antriebe in Abhängigkeit von der Außentemperatur oder einer anderen geeigneten Führungsgröße und der Zeit ausgestattet werden. Heizungstechnische Anlagen mit Wasser als Wärmeträger müssen mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur raumweisen Regelung der Raumtemperatur ausgerüstet werden. Von dieser Pflicht ausgenommen sind Fußbodenheizungen in Räumen mit weniger als  $6 \text{ m}^2$  Nutzfläche. Zirkulationspumpen müssen beim Einbau in Warmwasseranlagen mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Ein- und Ausschaltung versehen sein.

Beim Einbau von Klimaanlage (EnEV § 15) mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als 12 kW und raumluftechnischen Anlagen, die für einen Volumenstrom der Zuluft von wenigstens  $4.000 \text{ m}^3$  je Stunde ausgelegt sind, in Gebäuden sowie bei der Erneuerung von Zentralgeräten oder Luftkanalsystemen solcher Anlagen müssen diese so ausgeführt werden, dass die auf das Fördervolumen bezogene elektrische Leistung der Einzelventilatoren oder der gewichtete Mittelwert der auf das jeweilige Fördervolumen bezogenen elektrischen Leistungen aller Zu- und Abluftventilatoren bestimmte Grenzwerte nicht überschreitet. Der Grenzwert kann um Zuschläge für Gas- und HEPA-Filter sowie Wärmerückführungsbauteile erweitert werden.

Können derartige Anlagen die Feuchte der Raumluft unmittelbar verändern, sind diese mit selbsttätig wirkenden Regelungseinrichtungen auszustatten, mit denen getrennte Sollwerte für die Be- und die Entfeuchtung eingestellt

werden können und bei denen als Führungsgröße mindestens die direkt gemessene Zu- oder Abluftfeuchte dient.

Lüftungsanlagen müssen mit Einrichtungen zur selbsttätigen Regelung der Volumenströme in Abhängigkeit von den thermischen und stofflichen Lasten oder zur Einstellung der Volumenströme in Abhängigkeit von der Zeit ausgestattet werden, wenn der Zuluftvolumenstrom dieser Anlagen je Quadratmeter versorgter Nettogrundfläche, bei Wohngebäuden je Quadratmeter versorgter Gebäudenutzfläche  $9 \text{ m}^3$  pro Stunde überschreitet.

Betreiber von Klimaanlage (Neuanlagen) mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als 12 kW haben wiederkehrend mindestens alle zehn Jahre die Anlagen einer Inspektion zu unterziehen. Diese ist durch im Sinne der EnEV berechtigten Personen durchführen zu lassen.

Die Anforderungen an die Wärmedämmung von Rohrleitungen (EnEV Anlage 5 Tabelle 1), von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen, wie auch der Armaturen, sind ebenso an Leitungen der Kälteverteilung und des Kaltwassers gestellt. Neben den üblichen Rohrdämmstoffen dürfen auch andere Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wärmedämmwirkung angerechnet werden, z. B. die Wärmedämmung von Leitungswänden.

## 9.6 Anforderungen aus dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 2009

Eine Novellierung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes [R 24] ist laut Verordnungsgeber für die EnEV 2017 vorgesehen. Nach der Neufassung des Energieeinsparungsgesetzes vom Juli 2013 und der EnEV 2014 vom November 2013 wird das EEWärmeG die gründliche Überarbeitung der Rechtsgrundlagen zum energiesparenden Bauen komplettieren. Ob sich eine

Zusammenführung der drei Gesetze zum Zwecke des besseren Vollzuges durchführen lässt, ist allerdings ungewiss.

Das EEWärmeG wurde bereits im Vorgriff auf die EnEV 2009 im Januar 2009 erlassen und am 22. Dezember 2011 geändert. Aufgrund der Tatsache, dass es im engen Zusammenhang mit der EnEV steht, wird es an dieser Stelle angesprochen.

Die Eigentümer neu errichteter Gebäude müssen seitdem erneuerbare Energien nutzen. Das gilt unabhängig davon, ob es sich um ein Wohngebäude oder ein Nichtwohngebäude handelt. Auch vermietete Immobilien unterliegen der Pflicht. Eigentümer alter Gebäude können ein Förderprogramm der Bundesregierung in Anspruch nehmen, wenn sie freiwillig erneuerbare Energien nutzen. Ein Gebäude ist ein neues Gebäude im Sinne des EEWärmeG, wenn es nach dem 1.1.2009 fertig gestellt wurde.

Es existieren unterschiedliche Möglichkeiten, den Forderungen des EEWärmeG zu genügen. Die Strahlungsenergie der Sonne kann durch solarthermische Anlagen genutzt werden (EEWärmeG § 5, Absatz 1). Um die Nutzungspflicht des Wärmegesetzes zu erfüllen, müssen Gebäude den Wärmeenergiebedarf in diesem Fall zu mindestens 15 % aus Solarenergie decken. Der Nachweis für Wohngebäude gilt als erfüllt, wenn die Kollektorfläche zur Trinkwassererwärmung bei Wohngebäuden mit höchstens zwei Wohnungen 0,04 m<sup>2</sup> Fläche pro m<sup>2</sup> beheizter Nutzfläche (berechnet nach EnEV), bei größeren Wohngebäuden 0,03 m<sup>2</sup> Fläche pro m<sup>2</sup> beheizter Nutzfläche aufweist. Zu beachten ist, dass die Pflicht nur dann erfüllt wird, wenn der Kollektor mit dem europäischen Prüfzeichen „Solar Keymark“ zertifiziert ist (eine Ausnahme gilt hier nur für Luftkollektoren).

#### Hinweis:

Diese pauschale Nachweisführung führt in der Regel zu einer Überdimensionierung der Kollektorfläche, die je nach Warmwasserbedarf zur Unwirtschaftlichkeit und zu technischen Problemen führen kann, wenn die erzeugte Wärmeenergie nicht abgenommen wird. Es wird daher empfohlen, die sich aus dem Solarertrag ergebende Minderung des Endenergiebedarfs > 15 % nachzuweisen.

Grundsätzlich kann auch flüssige, gasförmige und jede Form von fester Biomasse zur Pflichterfüllung genutzt werden (EEWärmeG § 5, Absätze 2 und 3). Es muss sich dabei allerdings um Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung handeln. So dürfen die „klassischen“ Brennstoffe wie Holzpellets, Holzhackschnitzel und Scheitholz genutzt werden. Wer feste Biomasse nutzt, muss seinen Wärmebedarf (Warmwasser, Raumwärme und Kühlung) zu mindestens 50 % daraus decken. Das Gesetz stellt zusätzlich zu diesem Mindestanteil gewisse ökologische und technische Anforderungen, die den umweltverträglichen Einsatz der Technologien gewährleisten sollen. So muss ein Ofen, in dem feste Biomasse verbrannt wird, dem Stand der BImSchV entsprechen und einen Kesselwirkungsgrad von mindestens 86 % erreichen. Damit können auch Einzelraumfeuerungsstätten hinsichtlich der Nutzungspflicht grundsätzlich angerechnet werden, wenn sie die zuvor genannten technischen Bedingungen erfüllen. Die Zulässigkeit der Anrechnung von Einzelfeuerstätten obliegt allerdings den Bundesländern.

Neben Solarenergie und Biomasse kann auch Umweltwärme genutzt werden (EEWärmeG § 5, Absatz 4). Dies ist Wärme, die Luft oder Wasser entnommen wird. In Abgrenzung zur Abwärme muss es sich um natürliche Wärmequellen handeln. Geothermie, also Wärme, die aus dem Erdinnern kommt,

wird je nach Tiefe der Erdbohrung unterschieden zwischen tiefer Geothermie und erdoberflächennaher Geothermie. Während die tiefer gelegenen Erdschichten Wärme mit hohen Temperaturen bergen, muss die erdoberflächennahe Erdwärme mit Hilfe einer Wärmepumpe auf das gewünschte Temperaturniveau angehoben werden. Wer Erdwärme oder Umweltwärme nutzt, muss seinen Wärmebedarf zu mindestens 50 % daraus decken. Das Gesetz stellt auch hier ökologische und technische Anforderungen, z. B. bestimmte Jahresarbeitszahlen beim Einsatz von Wärmepumpen, damit der umweltverträgliche Einsatz der Technologien gewährleistet ist. Die Mindest-Jahresarbeitszahl als das Verhältnis von eingesetzter Energie (Gas oder Strom) und gewonnener Energie (Wärme) wird für unterschiedliche Wärmepumpentypen gefordert. Um diese nachvollziehen zu können, muss die Wärmepumpe grundsätzlich über einen Wärmemengen- und Stromzähler verfügen.

Bezieht ein Gebäudeeigentümer Wärme, die durch einen Müllverbrennungsprozess (EEWärmeG § 7) gewonnen wird, muss sichergestellt sein, dass mindestens zu 50 % biologisch abbaubare Anteile am Müll verbrannt werden. Auch kann eine hocheffiziente Anlage mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Pflicht erfüllend genutzt werden. Bei Nutzung von Wärme aus einem Nah- oder Fernwärmenetz (EEWärmeG § 7 Nr. 3), ist die Zusammensetzung dieser Wärme entscheidend. Hiernach gilt der Anschluss an ein Nah- und Fernwärmenetz dann als Pflicht erfüllende Ersatzmaßnahme im Sinne des EEWärmeG, wenn zu einem wesentlichen Anteil erneuerbare Energien (biologisch abbaubare Anteile am Müll), zu mehr als 50 % Abwärme oder hocheffiziente KWK genutzt werden.

Nicht immer ist der Einsatz erneuerbarer Energien sinnvoll und so können anstelle erneuerbarer Energien Ersatzmaßnahmen (EEWärmeG § 7) ergriffen werden, die ähnlich Klima schonend

sind. Dazu zählt die Nutzung von Abwärme. Dies ist Wärme, die bereits unter Einsatz von Energie gewonnen wurde (z. B. Lüftungswärmerückgewinnung). Die „Wiederverwertung“ von Abwärme ist dann anrechenbar, wenn mindestens 50 % des Wärmebedarfs aus Abwärme gewonnen werden. Die Nutzung von Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) nutzt Ressourcen zur Stromerzeugung und gleichzeitigen Wärmeabgabe. Hier ist ein Mindestanteil von 50 % vorgesehen.

Die Verbesserung der Wärmedämmung des Gebäudes um mehr als 15 % gegenüber den Anforderungen der EnEV bei gleichzeitiger Unterschreitung des zulässigen Primärenergiebedarfs gilt ebenso als Ersatzmaßnahme wie der Anschluss an ein Netz der Nah- oder Fernwärmeversorgung, sofern das Netz zu einem wesentlichen Teil mit erneuerbaren Energien bzw. zu mehr als 50 % auf Basis von Kraft-Wärme-Kopplung oder Abwärme betrieben wird.

Entscheidend bei allen Varianten der möglichen Maßnahmen ist deren Kombinationsmöglichkeit. So muss der reduzierte Deckungsanteil einer einzelnen Technologie durch die Restdeckung einer oder mehrerer weiterer Technologien ergänzt werden.

Die EnEV berücksichtigt die Anforderungen des EEWärmeG insofern, als sie beim Referenzwohngebäude schon eine solare Warmwasserbereitung annimmt und im Energieausweis die Dokumentation der Nutzung erneuerbarer Energien regelt.

Die detaillierte Nachweisführung ist bislang z. B. durch Mustervordrucke oder Ähnliches nicht vorgegeben, da diese Regelungen Sache der Länderbauaufsicht sind. Der Nachweisführende muss hier in enger Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden individuell tätig werden.

## 9.7 Energieausweise

Der Abschnitt 5 der EnEV regelt die Randbedingungen zur Ausstellung eines Energieausweises. Grundsätzlich sind zwei Arten von Energieausweisen zu unterscheiden. Auf der einen Seite darf für sämtliche Wohngebäude der Ausweis auf Grundlage des rechnerischen Energiebedarfs ausgestellt werden (§ 18).

Für Bestandswohngebäude dürfen auf der anderen Seite auf Grundlage des erfassten Energieverbrauchs witterungsberichtigte Energieverbräuche in einem Verbrauchsausweis aufgeführt werden (§ 19). Mit Inkrafttreten der neuen EnEV werden zudem einige neue Vorschriften aufgrund von europäischen Vorgaben der Richtlinie 2010/31/EU [R28] in die Verordnung übernommen.

In den neu konfigurierten Ausweisformularen für Wohngebäude hat der Verordnungsgeber neben der Einführung von sogenannten Energieeffizienzklassen die Integration der Modernisierungsempfehlungen als neue Seite 4 in den Ausweis aufgenommen. Überdies besteht die Pflicht zur Aufnahme einer Registriernummer, die auf allen Ausweiseiten enthalten sein wird. Zukünftig müssen die durch die ausführenden Planer erstellten Ausweise registriert werden. Mit der Registrierung ist für die nächsten 7 Jahre das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin beauftragt, das zugleich auch als Kontrollstelle für alle elektronisch durchführbaren Kontrollen und Plausibilitätsprüfungen zuständig ist. Mit Inkrafttreten der Verordnung am 1. Mai 2014 wurde jeder Ausweis für ein Bestandsgebäude sowie für ein zu errichtendes Gebäude über ein elektronisches Antragsverfahren registriert. Die Energieeffizienzklassen werden sich in der Spanne von A+ (Endenergie < 30 kWh/m<sup>2</sup> a) bis H (Endenergie > 250 kWh/m<sup>2</sup> a) bewegen. Die Zuordnung ist sowohl für Bedarfs- als auch für Verbrauchsausweise gleich. Eine weitere Forderung der EPBD-Richtli-

nie sieht die Einführung eines Kontrollsystems für Energieausweise und Inspektionsberichte für Klimaanlagen vor. Dabei soll ein repräsentativer Anteil aller Neubauvorhaben eines Jahres in drei Prüfstufen stichprobenartig kontrolliert werden.

In der ersten Prüfstufe (Plausibilitätskontrolle) erfolgt die Kontrolle durch das DIBt über eine elektronische Validitätsprüfung der Eingabedaten. Sobald eine ermittelte Registriernummer für die Kontrolle ausgelost wird, wird der Aussteller aufgefordert, seine Berechnungsdaten zur Verfügung zu stellen, um die eingegebenen Daten auf Plausibilität zu prüfen.

Im Rahmen der zweiten Prüfstufe (Kontrolle der Berechnungen) liegt es in der Hoheit der einzelnen Bundesländer festzulegen, welche Unterlagen für die Überprüfung jeweils erforderlich sind. Denkbar sind die konkrete Berechnung von Energieausweisen und Inspektionsberichten. Als letzte Prüfstufe sieht der Verordnungsgeber eine Vor-Ort-Begehung des jeweiligen Gebäudes vor.

Im Falle des Verkaufs oder der Vermietung einer Wohnung bzw. eines Wohngebäudes ist die Angabe von Energiekennwerten künftig verpflichtend. Die Kennwertangaben richten sich am Informationsbedürfnis des Käufers aus, indem sie statt des Primärenergiebedarfs den Endenergiebedarf in Verbindung mit dem entsprechenden Energieträger ausweisen. Beide zusammen sollen Aufschluss über die zu erwartenden Heizkosten geben. In Verbindung mit dem Endenergiekennwert der Effizienzklasse soll sich dem Baulaien die Güte eines Wohnhauses leichter erschließen.

**Hinweis:**

Die Energieausweise können nur mit Hilfe von EDV-Programmen erstellt werden, da die grafische Gestaltung manuell nicht möglich ist. Das Ziegel Bauphysiksoftware Modul Energie 20.20 ermöglicht den Druck und die Abspeicherung der EnEV-Energieausweise sowohl für Neu- als auch Bestandsgebäude nach EnEV § 18 und für einen Energieverbrauchs-ausweis gemäß EnEV § 19.

Ein Muster der Energieausweise ist im Anhang der Broschüre abgedruckt.

## 10 Nachweis für zu errichtende Wohngebäude

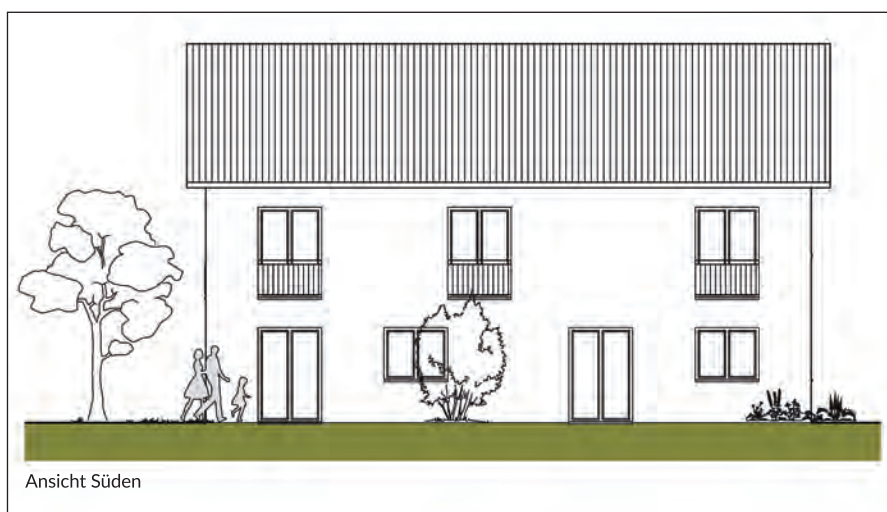
### Beispiel Einfamilienhaus

Im vorliegenden Beispiel werden die Ergebnisse der Nachweisführung eines Einfamilienhauses mit einer integrierten Einliegerwohnung auf Grundlage der nebenstehenden Zeichnungen dargestellt. Das Gebäude wurde ausgelegt mit einem Wärmedämmstandard gemäß Referenzgebäude EnEV 2016 nach Tabelle 9.1 (Seite 42) sowie einer Luft-/Wasser-Wärmepumpe für die technische Gebäudeausrüstung. Der Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasser beträgt in Summe  $43,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  und stellt gleichzeitig die Hauptanforderungsgröße dar. Der zulässige, auf die Hüllfläche bezogene Transmissionswärmeverlust  $H_T$  beträgt  $0,381 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Dieses Beispiel wird mit dem Monatsbilanzverfahren zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs nach DIN V 4108-6 [R7] in Verbindung mit dem Tabellen-Verfahren der DIN V 4701-10 [R11] zur technischen Gebäudeausrüstung berechnet. Aus den Architektenunterlagen ergeben sich folgende Angaben:



Ansicht Westen



Ansicht Süden

Bauteil		Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert in W/(m <sup>2</sup> · K)
<b>Außenwand</b>	Nord	81,34	0,28
	Ost	76,18	
	West	66,10	
	Süd	72,29	
<b>Fenster</b>	Nord	5,42	1,3 g = 0,60
	Ost	7,01	
	West	17,09	
	Süd	20,87	
<b>Haustürelement</b>	Nord	6,40	1,8
<b>Dachgeschossdecke</b>		150,69	0,20
<b>Bodenplatte</b>		150,69	0,35
<b>Σ-Hüllfläche</b>		654,08	



### Hinweis:

Die Berechnungen des Gebäudes wurden mit der online-gestützten Nachweissoftware „Ziegel Bauphysiksoftware Modul Energie 20.20“ durchgeführt, welche die Ziegelindustrie in Kooperation mit dem Softwarehersteller ESS anbietet. Eine kostenlose 30-tägige Testversion der Software kann über das Ziegel Bauphysik Online Portal unter [www.lebensraum-ziegel.de](http://www.lebensraum-ziegel.de) unter der Rubrik Software heruntergeladen werden.

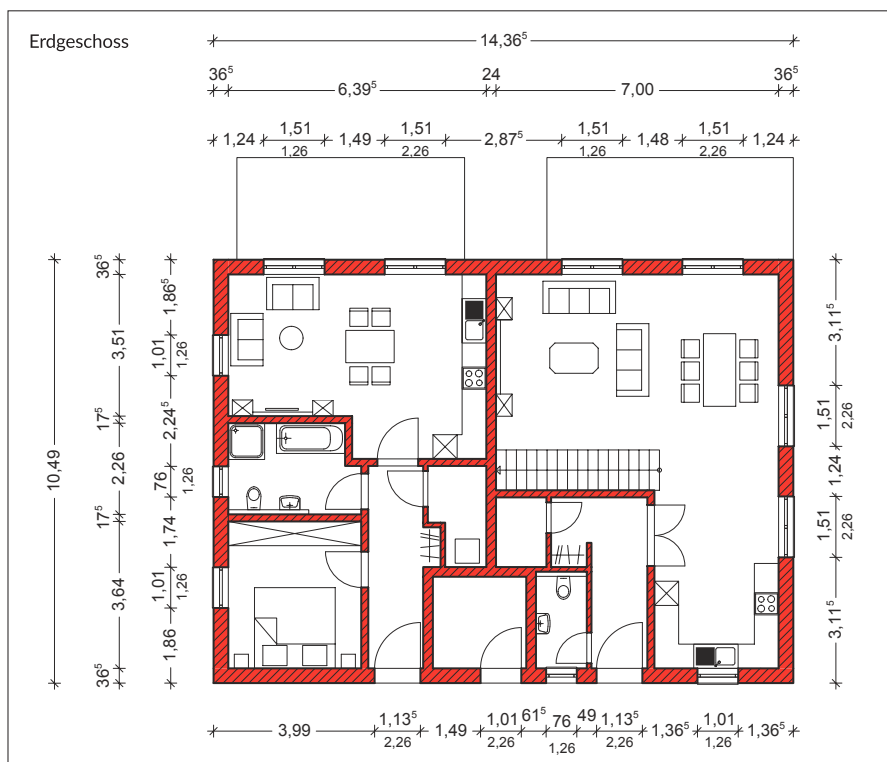
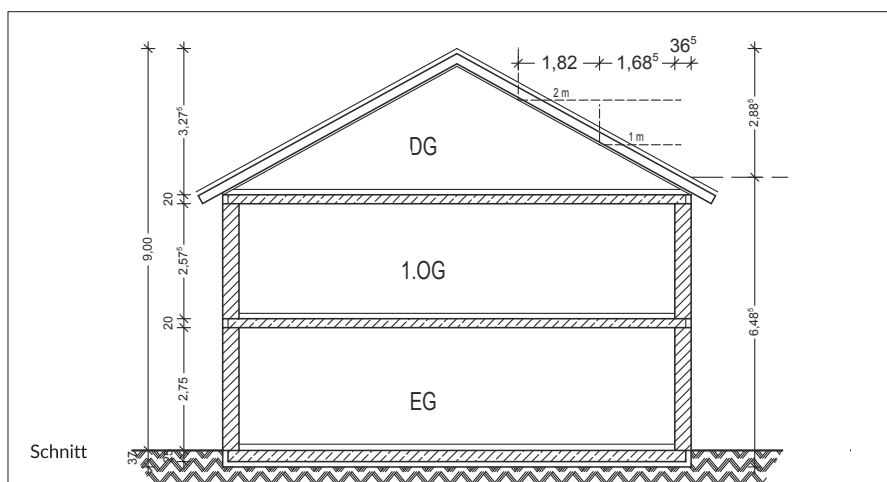


### Optimierung des Gebäudekonzeptes

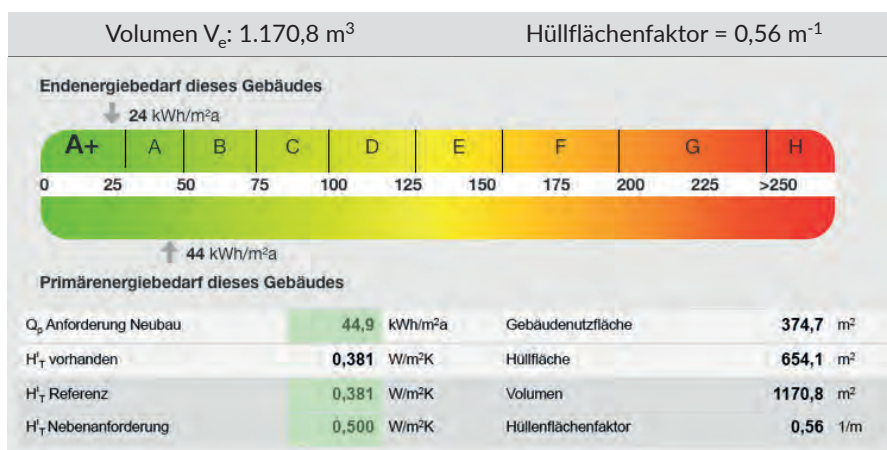
Die Außenwände sind aus 36,5 cm dickem Hochlochziegelmauerwerk mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,11 W/(m · K) geplant. Der  $U_{AW}$ -Wert beträgt 0,28 W/(m<sup>2</sup> · K). Die zweifach verglasten Fenster werden mit einem  $U_w$ -Wert von 1,3 W/(m<sup>2</sup> · K) angesetzt. Die Dachdämmung zwischen den Sparren ist 18 cm dick, unterhalb der Sparren sind 3 cm Wärmedämmung in der Unterkonstruktion eingesetzt. Der  $U_D$ -Wert erreicht 0,20 W/(m<sup>2</sup> · K). Die unterhalb des Estrichs gedämmte Bodenplatte weist mit 10 cm Wärmedämmung einen  $U_G$ -Wert von 0,35 W/(m<sup>2</sup> · K) auf. Die Luftdichtheit der Gebäudehülle wird als geprüft mit einem  $n_{50}$ -Wert 1,5 h<sup>-1</sup> angenommen, da eine mechanische Abluftanlage vorhanden ist. Die Wärmebrücken werden pauschal nach den Details des Beiblattes 2 zur DIN 4108 geplant, so dass ein hüllflächenbezogener Wärmebrückenzuschlag von 0,05 W/(m<sup>2</sup> · K) angenommen werden kann. Das Einfamilienhaus mit Referenzgebäudeausführung erreicht einen Transmissionswärmeverlust  $H_T$  von 0,381 W/(m<sup>2</sup> · K) und liegt damit exakt beim geforderten Anforderungswert  $H_{T,ref}^1$ . Der Einbau der Wärmepumpe als Haupterzeuger der Heizenergie und des Warmwasserbedarfs erbringt die erforderliche Unterschreitung der vorgegebenen

Referenzanlage (Heizkessel-Brennwerttechnik, verbessert) um 25 % beim Jahresprimärenergiebedarf. Berücksichtigt wurde eine hocheffiziente Pumpe, eine Nachtabenkung/Nachabschaltung ist nicht vorgesehen. In Verbindung mit der mechanischen Abluftanlage ergibt sich eine primärenergetische Anlagenaufwandszahl  $e_p$

von 0,61. Dabei ist berücksichtigt, dass der elektrische Strom mit einem Primärenergiefaktor  $f_p = 1,8$  für den nicht erneuerbaren Energieanteil angesetzt wird. Wird das Objekt hinsichtlich der Wärmebrückendetails individuell bewertet, ergeben sich deutlich geringere Wärmebrückenverluste als mit dem pauschalen Ansatz. Die Bauteil-







anschlüsse können nach Kapitel 6 und nach dem Wärmebrücken-katalog der Ziegelindustrie besonders wirtschaftlich geplant werden.

Zusätzliches Optimierungspotenzial im Hinblick auf energieeffizientere Gebäude im Bereich der Außenhülle ist beispielsweise durch eine Reduktion des Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwand  $U_{AW}$  auf 0,24 W/(m<sup>2</sup> · K) in Verbindung mit dem Einbau von Fenstern mit U-Werten unterhalb von 1,3 W/(m<sup>2</sup> · K) möglich. Im Bereich der Anlagentechnik liefern erweiterte Solaranlagen zur Heizungsunterstützung, Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung oder hocheffiziente Regelu- und Steuerungstechniken Optionen, den Jahresprimärenergiebedarf zu reduzieren.

Im vorliegenden Beispiel wurde die um 25 % zu unterschreitende Anforderung an den Jahresprimärenergiebedarf durch den Einsatz einer Luft-/Wasser-Wärmepumpe anstelle des im Referenzgebäude angegebenen verbesserten Brennwertkessels erreicht.

Mit der vergleichenden Übersicht wird deutlich, wie sich die nach EnEV 2016 geänderten Festlegungen für den nicht-erneuerbaren Anteil vom Strom mit einer Absenkung auf  $f_p = 1,8$  (Tab. 8.2, Seite 40) auswirken. Nach EnEV 2014 errechnet sich  $Q_{p,vorh}$  zu 61,4 kWh/(m<sup>2</sup> · a), nach EnEV 2016 zu 43,9

kWh/(m<sup>2</sup> · a). Im Vergleich dazu ist der Primärenergiefaktor für die fossilen Brennstoffe bei  $f_p = 1,1$  geblieben, was den Einsatz von öl- und gasbetriebenen Anlagen ab der EnEV 2016 nur bei Einsatz von zusätzlicher Anlagentechnik wie beispielsweise Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung oder solarer Heizungsunterstützung bedingt. Die Verschärfungen im Bereich des Transmissionswärmeverlustes gemäß EnEV 2016 betragen mit zul.  $H_T = 0,381$  gegenüber dem zulässigen Wert der EnEV 2014 mit zul.  $H_T = 0,50$  in dem vorliegenden Beispiel 24 %.

### KfW-Effizienzhäuser - Neuerungen

Im Rahmen der Ausgestaltung des „Anreizprogrammes Energieeffizienz“ im KfW-Neubau haben sich Änderungen ergeben. Ab 1. April 2016 entfällt die Förderung des KfW-70-Energieeffizienzhauses, da dieser Standard mit einer Erhöhung der Vorgaben an den Jahresprimärenergiebedarf um 30 % gegenüber dem Referenzgebäude mit

Inkrafttreten der EnEV 2016 nahezu erfüllt ist. Förderungsfähig sind nach wie vor die Energieeffizienzhäuser KfW EH 55 und KfW EH 40, wobei die Kredithöhe pro Wohneinheit auf 100.000 € angehoben wird. Im Zusammenhang mit dem KfW EH 55 wurden neue Instrumente und Arbeitshilfen für die energetische Wärmebrückenbewertung und die Vorgaben an die Verwendung von ausgewählten Anlagentechniken veröffentlicht. Ziel soll es sein, den Aufwand bei der Nachweisführung zu reduzieren und zu vereinfachen. Dabei kann für den Neubau einfacher Wohngebäude ein „KfW-Wärmebrückenkurzverfahren“ herangezogen werden, das auf Grundlage einer Gleichwertigkeitsbetrachtung mit Details in einem Wärmebrücken-katalog der KfW die Verwendung von Wärmebrückenzuschlägen in Höhe von 0,035 W/(m<sup>2</sup> · K) ohne detaillierte Berechnungen erlaubt.

Zusätzlich wird ein neuer Förderstandard „KfW-Effizienzhaus 40 Plus“ eingeführt, bei dem Vorgaben an die Verwendung einer stromerzeugenden Anlage auf Basis erneuerbarer Energien, eines stationären Batteriespeichers, einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sowie einer Visualisierung von Stromerzeugung und Stromverbrauch gestellt werden.

Weiterführende technische Richtlinien und Merkblätter sowie Dokumentationsformulare finden Sie als Arbeitshilfen im KfW-Partnerportal für Architekten, Bauingenieure und Energieberater unter ([www.kfw.de/partner](http://www.kfw.de/partner)).

### Vergleich der Anforderungen EnEV 2014 / EnEV 2016

		$Q_{p,vorh}$	$Q_{p,zul}$	$H_{T,vorh}$	$H_{T,zul}$
		kWh/(m <sup>2</sup> · K)		W/(m <sup>2</sup> · K)	
Gebäudehülle nach Referenz Anlagentechnik Wärmepumpe Luft/Wasser	EnEV 2014	61,4	61,5	0,381	0,50
	EnEV 2016	43,9	44,9	0,381	0,381

## Nachweis für ein Wohngebäude nach EnEV, Anlage 1 mittels DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10

Objekt: Einfamilienhaus  
 Beheiztes Gebäudevolumen  $V_e$ : 1.170,85 m<sup>3</sup>  
 Gebäudenutzfläche  $A_N = 0,32 \cdot V_e$ : 374,7 m<sup>2</sup>

Bauteil	Bezeichnung	Fläche A m <sup>2</sup>	Wärmedurchgangs- koeffizient U [W/(m <sup>2</sup> · K)]	Temperatur- Korrekturfaktor F <sub>x</sub>	Wärme- verlust H <sub>T</sub>	Einheit	
Außenwand	Nord	81,34	0,28	1,0	22,78	W/K	
	Ost	76,18	0,28	1,0	21,33	W/K	
	West	66,10	0,28	1,0	18,51	W/K	
	Süd	72,25	0,28	1,0	20,24	W/K	
Fenster	Nord	5,42	1,3	1,0	7,05	W/K	
	Ost	7,01	1,3	1,0	9,11	W/K	
	West	17,05	1,3	1,0	22,22	W/K	
	Süd	20,87	1,3	1,0	27,13	W/K	
Haustürelement	Nord	6,40	1,8	1,0	11,52	W/K	
Dachgeschossdecke	an gedämmten Dachraum	150,69	0,35	0,5	30,14	W/K	
Bodenplatte	an Erdreich	150,69	0,35	0,5	26,37	W/K	
Σ A:		654,08		Σ A · U · F <sub>x</sub>	216,39	W/K	
Wärmebrückenzuschlag	Wärmebrückenzuschlag pauschal 0,05 W/(m <sup>2</sup> · K) · 654,08 m <sup>2</sup>			H <sub>WB</sub>	32,70	W/K	
Transmissionswärmeverlust H <sub>T</sub>				Σ (A · U · F <sub>x</sub> ) + H <sub>WB</sub>	249,09	W/K	
Luftvolumen V	Gebäude bis zu 3 Vollgeschosse			0,76 · V <sub>e</sub>	889,85	m <sup>3</sup>	
	Gebäude über 3 Vollgeschosse			0,8 · V <sub>e</sub>	-	m <sup>3</sup>	
Lüftungswärmeverlust H <sub>V</sub>		Luftdichtheit n <sub>50</sub> > 3,0 h <sup>-1</sup>		0,7 · 0,34 · V	-	W/K	
	Mechanische Abluftanlage		Luftdichtheit n <sub>50</sub> < 1,5 h <sup>-1</sup>		0,6 · 0,34 · V	181,53	W/K
Hüllflächenfaktor				A/V <sub>e</sub>	0,56	m <sup>-1</sup>	
Solare Warmgewinne transparenter Bauteile	Bauteil/Orientierung	Fläche A [m <sup>2</sup> ]	Gesamtenergie- durchlassgrad g [-]	F <sub>F</sub>	F <sub>S</sub>	F <sub>C</sub>	spezifischer Gewinn A · g · 0,9 · F <sub>F</sub> · F <sub>S</sub> · F <sub>C</sub>
	Fenster Nord	5,42	0,6	0,7	0,9	1,0	1,844
	Fenster Ost	7,01	0,6	0,7	0,9	1,0	2,385
	Fenster West	17,09	0,6	0,7	0,9	1,0	5,814
	Fenster Süd	20,87	0,6	0,7	0,9	1,0	7,1
Solare Warmgewinne opaker Bauteile			Absorptionsgrad α [-]	Formfaktor F <sub>f</sub>			
	Außenwände		0,5	0,5			
	Dach, schräg		0,8	1,0			
Interne Warmgewinne	flächenspezifisch			q <sub>i</sub> = 5 W/m <sup>2</sup>		1.873,5	W
Spezifische Wärmespei- cherkapazität C <sub>wirk</sub> · V <sub>e</sub>	massive Bauweise			50 Wh/(m <sup>3</sup> K) · V <sub>e</sub>		58.543	Wh/K
	leichte Bauweise			15 Wh/(m <sup>3</sup> K) · V <sub>e</sub>		-	Wh/K
Jahresheizwärmebedarf Q <sub>h</sub>	absolut			Q <sub>h</sub> = Q <sub>T</sub> + Q <sub>V</sub> - Q <sub>g</sub>		22.427	kWh/a
	nutzflächenbezogen			Q <sub>h</sub> <sup>''</sup>		59,86	kWh/(m <sup>2</sup> · a)
Anlagenaufwandszahl e <sub>p</sub>	Brennwertkessel 55/45°C, TW-Solaranlage, mech. Abluftanlage gemäß Tabelle 8.2, Seite 40				e <sub>p</sub>	0,61	-
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub> <sup>''</sup>	vorhanden			Q <sub>p,vorh.</sub> = e <sub>p</sub> · (Q <sub>h</sub> <sup>''</sup> + 12,5)		43,89	kWh/(m <sup>2</sup> · a)
	zulässig			Q <sub>p,zul.</sub> <sup>''</sup>		44,9	kWh/(m <sup>2</sup> · a)
Spezifischer, auf die Hüllfläche bezogener Transmissionswärmeverlust H <sub>T</sub> <sup>''</sup>	vorhanden			H <sub>T,vorh.</sub> <sup>''</sup> = H <sub>T</sub> /A		0,381	W/(m <sup>2</sup> · K)
	zulässig			H <sub>T,ref,zul.</sub> <sup>''</sup>		0,381	W/(m <sup>2</sup> · K)
Endenergiebedarf	Wärme	Strommix		q <sub>WE,E</sub>		22,94	kWh/(m <sup>2</sup> · a)
	Hilfsenergie	elektrischer Strom		q <sub>HE,E</sub>		0,94	kWh/(m <sup>2</sup> · a)

## 11 Sommerlicher Wärmeschutz

### 11.1 Einleitung

Die EnEV verlangt für Wohngebäude in § 3, Absatz 4 ausdrücklich die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes gemäß DIN 4108-2.

Das sommerliche Temperaturverhalten ist von großer Bedeutung für die Behaglichkeit innerhalb moderner Niedrigenergiehäuser. Die sich maximal einstellenden Raumlufttemperaturen hängen von der Klimaregion, von der Bauweise des Gebäudes sowie von dessen Nutzer ab.

Die Anforderungen haben sich gegenüber der Normausgabe aus dem Jahr 2003 erheblich verschärft. Grund dafür ist die auch in Deutschland bereits eingetretene Klimaveränderung mit deutlich heißeren Sommermonaten. Der Deutsche Wetterdienst hat eigens zur Neuauflage der Norm eine neue Karte der Sommerklimaregionen erstellt, die diese Entwicklung dokumentiert. Unter dieser Voraussetzung und den bereits in der Vergangenheit festgelegten Anforderungsgrößen, der Einhaltung sog. Überhitzungsstunden, ergibt sich, dass eine Nachweisführung für grundflächenbezogene Fenster-

flächenanteile über etwa 40 % kaum noch möglich ist. Dies erfordert ein Umdenken bei Architekten und Bauherren, die Solararchitektur der letzten Jahrzehnte mit kleineren Fensterflächenanteilen zu realisieren. Ansonsten besteht lediglich die Möglichkeit, in Verbindung mit aufwändigen Sonnenschutzmaßnahmen eine zusätzliche maschinelle Kühlung vorzusehen, damit nicht unzumutbare Temperaturbedingungen in Gebäuden entstehen können.

Diese Nachweisverschärfung führt somit bei Ignorieren der baulichen Möglichkeiten eines guten sommerlichen Wärmeschutzes automatisch zu kostenintensiven anlagentechnischen Maßnahmen, die per se nicht geeignet sind, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Neben dem im Folgenden dargestellten vereinfachten Berechnungsverfahren der Sonneneintragskennwerte sind auch Gebäudesimulationen möglich, die im Regelfall eine etwas günstigere Nachweisführung ermöglichen. Näheres hierzu ist in DIN 4108-2 [R3] geregelt.

Die Beeinflussung der Raumlufttemperatur ist durch die Benutzung des Sonnenschutzes und die Belüftung über Fenster und Lüftungsanlagen möglich. Nach DIN 4108-2 sollen im Nachweisverfahren nach [R3] sogenannte Sonneneintragskennwerte für kritische Raumsituationen, d.h. für einzelne

Räume, oder auch zusammenhängende Raumgruppen nicht überschritten werden.

Grenzen Räume, für die ein Nachweis geführt werden soll, an unbeheizte Glasvorbauten oder sind sie mit Doppelfassaden oder transparenter Wärmedämmung versehen, kann das im Folgenden dargestellte vereinfachte Nachweisverfahren nur mit Einschränkungen angewandt werden.

### 11.2 Verfahren

Durch Einhaltung des Sonneneintragskennwertes  $S_{\text{vorh}} \leq S_{\text{zul}}$  wird unter Standardbedingungen gewährleistet, dass eine bestimmte Grenz-Raumtemperatur in nicht mehr als 10 % der Aufenthaltszeit überschritten wird. Diese Grenz-Temperatur ist abhängig vom Klimastandort und damit von der durchschnittlichen Monatstemperatur des heißesten Monats im Jahr und wird in Deutschland nach drei Regionen gemäß Bild 11.1 unterschieden.

Bei Wohn- und wohnähnlich genutzten Gebäuden kann auf den Nachweis des Sommerlichen Wärmeschutzes verzichtet werden, wenn raum- oder raumgruppenweise die in Tabelle 11.1 zusammen gestellten, auf die Raumgrundfläche bezogenen Fensterflächenanteile nicht überschritten werden. Dabei ist zu beachten, dass bei der Ermittlung der Fensterflächenanteile z. B. Dachflächenfenster berücksichtigt werden müssen. Weiterhin kann auf einen Nachweis verzichtet werden, wenn Ost- Süd- und Westfenster mit Sonnenschutzvorrichtungen mit einem Abminderungsfaktor  $F_C \leq 0,3$  (z. B. Rollläden) ausgestattet sind und der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil 35 % nicht überschreitet.

**Tabelle 11.1: Nachweisgrenzen verschiedener Orientierungen und Fensterflächenanteile**

Neigung der Fenster gegenüber der Horizontalen	Orientierung der Fenster*	Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $f_{\text{WG}}$ [%]**
60° - 90°	Nordost über Süd bis Nordwest	10
	Übrige Nord-Orientierungen	15
0° - 60°	Alle Orientierungen	7

\* sind mehrere Fensterorientierungen vorhanden, ist der kleinere Grenzwert für  $f_{\text{WG}}$  bestimmend.

\*\* der Fensterflächenanteil  $f_{\text{WG}}$  ergibt sich aus dem Verhältnis der Fensterfläche zu der Grundfläche des betrachteten Raumes oder der Raumgruppe. Sind beim betrachteten Raum bzw. der Raumgruppe mehrere Fassaden oder z. B. Erker vorhanden, ist  $f_{\text{WG}}$  aus der Summe aller Fensterflächen zur Grundfläche zu berechnen.



Bild 11.1: Sommerklimaregionen (Auszug DIN 4108-2: 2013-02)



Der Sonneneintragskennwert **S** eines Raumes ermittelt sich wie folgt:

$$S_{\text{vorh}} = \sum_j (A_{w,j} \cdot g_j \cdot F_{C,j}) / A_G \quad (37)$$

mit:

$A_w$  = gesamte Fensterfläche in m<sup>2</sup>  
(ermittelt nach Rohbaumaßen)

$g$  = Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

$F_C$  = Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen

$A_G$  = Nettogrundfläche des Raumes

Die Tabelle 11.2 enthält Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren **F<sub>C</sub>** von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen. Genauere Kennwerte können mit dem in Anhang B der DIN V 4108-6 [R7] beschriebenen Verfahren ermittelt werden.

**Tabelle 11.2: Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren  $F_C$  von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen in Abhängigkeit der Verglasung, nach [R3]**

Sonnenschutzvorrichtung <sup>a</sup>	$F_C$		
	$g \leq 0,40$ (Sonnenschutzglas) zweifach	$g > 0,40$ Dreifach- Verglasung      Zweifach- Verglasung	
<b>ohne Sonnenschutzvorrichtung</b>	1,00	1,00	1,00
<b>Innenliegend oder zwischen den Scheiben<sup>b</sup></b>			
weiß oder hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz <sup>c</sup>	0,65	0,70	0,65
helle Farben oder geringe Transparenz <sup>d</sup>	0,75	0,80	0,75
dunkle Farben oder höhere Transparenz	0,90	0,90	0,85
<b>Außenliegend</b>			
Fensterläden, Rollläden			
Fensterläden, Rollläden, $\frac{3}{4}$ geschlossen	0,35	0,30	0,30
Fensterläden, Rollläden, geschlossen <sup>e</sup>	0,15 <sup>e</sup>	0,10 <sup>e</sup>	0,10 <sup>e</sup>
Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen			
Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung	0,30	0,25	0,25
Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 10° Lamellenstellung <sup>e</sup>	0,20 <sup>e</sup>	0,15 <sup>e</sup>	0,15 <sup>e</sup>
Markise, parallel zur Verglasung <sup>d</sup>	0,30	0,25	0,25
Vordächer, Markisen allgemein, freistehende Lamellen <sup>f</sup>	0,55	0,50	0,50

a Die Sonnenschutzvorrichtung muss fest installiert sein. Übliche dekorative Vorhänge gelten nicht als Sonnenschutzvorrichtung.

b Für innen- und zwischen den Scheiben liegende Sonnenschutzvorrichtungen ist eine genaue Ermittlung zu empfehlen.

c Hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz, Transparenz  $\leq 10\%$ , Reflexion  $\geq 60\%$ .

d Geringe Transparenz, Transparenz  $< 15\%$ .

e  $F_C$ -Werte für geschlossenen Sonnenschutz dienen der Information und sollten für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nicht verwendet werden. Ein geschlossener Sonnenschutz verdunkelt den dahinterliegenden Raum stark und kann zu einem erhöhten Energiebedarf für Kunstlicht führen, da nur ein sehr geringer bis kein Einfall des natürlichen Tageslichts vorhanden ist.

f Dabei muss sichergestellt sein, dass keine direkte Besonnung des Fensters erfolgt. Dies ist näherungsweise der Fall, wenn  
– bei Südorientierung der Abdeckwinkel  $\beta \geq 50^\circ$  ist;  
– bei Ost- und Westorientierung der Abdeckwinkel  $\beta \geq 85^\circ$  ist und  $\gamma \geq 115^\circ$  ist.



### 11.3 Anforderungen

Der nach Formel 37 ermittelte Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}}$  darf den Höchstwert  $S_{\text{zul}}$  nicht überschreiten.

Der Höchstwert wird als Summe aus allen zutreffenden Zuschlagswerten nach folgender Gleichung ermittelt:

$$S_{\text{zul}} = \sum S_x \quad [-] \quad (38)$$

Als Zuschläge  $S_x$  sind die Werte nach Tabelle 11.3 anzusetzen:

### 11.4 Speicherfähigkeit und Bauart

Die Einteilung in Bauarten erfolgt durch die Ermittlung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit des betrachteten Raumes nach DIN V 4108-6. Dabei ist folgende Einstufung vorzunehmen:

- leichte Bauart: Gebäude ohne Festlegung der Baukonstruktion, Holzständerkonstruktion, leichter Dachgeschossausbau, abgehängte Decken;
- mittlere Bauart: Wohnräume in Gebäuden aus Wärmedämmziegeln und massivem Innenausbau;
- schwere Bauart: Wohnräume in Ziegelgebäuden aus HLz mit  $\rho \geq 1,0 \text{ kg/dm}^3$  und massivem Innenausbau.

**Tabelle 11.3: Anteilige Sonneneintragskennwerte zur Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes, nach [R3]**

		Klimaregion	Anteiliger Sonneneintragskennwert $S_x$		
			A	B	C
$S_1$	<b>Nachlüftung</b>	<b>Bauart</b>			
	ohne	leicht	0,071	0,056	0,041
		mittel	0,080	0,067	0,054
		schwer	0,087	0,074	0,061
	erhöhte Nachlüftung mit $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$	leicht	0,098	0,088	0,078
		mittel	0,114	0,103	0,092
schwer		0,125	0,113	0,101	
hohe Nachlüftung mit $n \geq 5 \text{ h}^{-1}$	leicht	0,128	0,117	0,105	
	mittel	0,160	0,152	0,143	
	schwer	0,181	0,171	0,160	
$S_2$	<b>Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil <math>f_{\text{WG}} = A_{\text{w}} / A_{\text{G}}</math></b>				
	$S_2 = a - (b \cdot f_{\text{WG}})$	a		0,060	
		b		0,231	
$S_3$	<b>Sonnenschutzglas</b>				
	Fenster mit Sonnenschutzglas mit $g \leq 0,4$		$0,03 \cdot A_{\text{W,g,tot} \leq 0,4} / A_{\text{W,gesamt}}$		
$S_4$	<b>Fensterneigung</b>				
	$0^\circ \leq \text{Neigung} \leq 60^\circ$ (gegenüber der Horizontalen)		$- 0,035 \cdot f_{\text{neig}}^*$		
$S_5$	<b>Orientierung</b>				
	Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fenster soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind		$+ 0,10 \cdot f_{\text{nord}}^{**}$		
$S_6$	<b>Einsatz passiver Kühlung</b>				
	Bauart	leicht		0,02	
		mittel		0,04	
		schwer		0,06	

\*  $f_{\text{neig}} = A_{\text{W,neig}} / A_{\text{W,gesamt}}$  mit  $A_{\text{W,neig}}$  = die geneigte Fensterfläche

\*\*  $f_{\text{nord}} = A_{\text{W,nord}} / A_{\text{W,gesamt}}$  mit  $A_{\text{W,nord}}$  = die Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte senkrechte Fensterfläche sowie ständig vom Gebäude selbst verschattete Fensterfläche

Die zuvor gemachten Aussagen stützen sich auf Untersuchungen zum Ziegel Bauphysiksoftware Modul Energie 20.20 und müssen daher nicht für jedes Gebäude explizit ermittelt werden.

Die neue Nachweisführung erlaubt die Berücksichtigung passiver Kühlmaßnahmen wie z. B. den Einsatz von Kühldecken oder Flächenheizungen, die im Sommerfall mit kaltem Wasser, z. B. aus einem Sohlplattenkühler oder Erdreichregister, durchströmt werden. Als passive Maßnahmen zur Kühlung dürfen sie aber nur angerechnet werden, solange keine maschinelle Kälteerzeugung erfolgt.

## 12 Bewertung von Bestandswohngebäuden

### 12.1 Einleitung

Nach EnEV § 9 dürfen bei Änderungen bestehender Gebäude deren gesamter Primärenergiebedarf sowie der spezifische auf die Hüllfläche bezogene Transmissionswärmeverlust insgesamt nicht mehr als das 1,4-fache des Wertes von zu errichtenden Gebäuden aufweisen. Alternativ können die geänderten Gebäudeteile in Abhängigkeit der Festlegungen der Wärmedurchgangskoeffizienten nach Anlage 3 EnEV dimensioniert werden. Zur Erstellung eines bedarfsorientierten Energieausweises macht die Bewertung nach Bauteilkennwerten keinen Sinn, so dass eine Energiebilanz des Gesamtgebäudes zu bevorzugen ist.

Um Bestandswohngebäude zur Erstellung eines Energiebedarfsausweises rechnerisch bewerten zu können, sind in Anlage 3 EnEV sowie in Veröffentlichungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung Regeln der Technik niedergeschrieben worden, die eine sachgerechte Bilanzierung der Energieflüsse erlauben.

### 12.2 Randbedingungen zur Energiebilanz

Die Randbedingungen zur Energiebilanz nach DIN V 4108-6 weichen in einigen Bereichen von denen zu errichtender Gebäude ab. So sind z. B. bei Vorhandensein von Innendämmungen an Außenwänden die zusätzlichen Wärmebrückeneffekte deutlich größer als bei Neubauten. Wenn mehr als 50% der Außenwandfläche mit einer Innendämmung versehen wird, ist der pauschale Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB}$  auf  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  zu erhöhen (vgl. Formel 11).

Die Luftwechselrate berücksichtigt den aus baulichen Gegebenheiten resultierenden Infiltrationsluftwechsel. Weist ein Bestandsgebäude offensichtliche Undichtheiten an Fensterfugen oder im Dachbereich auf, ist die Luftwechselzahl  $n$  mit  $1,0 \text{ h}^{-1}$  anzusetzen (vgl. Formel 2 und 16).

Bei Altbauten mit üblicherweise kleineren Fenstern als im Neubau, ist in der Regel von einem höheren Rahmenanteil auszugehen. Der Abminderungsfaktor  $F_F$  ist in diesem Fall auf 0,6 festgelegt (vgl. Formel 5 und 20). Alle weiteren Randbedingungen sind exakt gleich mit denen des Monatsbilanzverfahrens für zu errichtende Gebäude.

### 12.3 Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung

#### 12.3.1 Regeln der Technik

Die Bewertung von Bestandswohngebäuden erfordert die Kenntnis der wärmeschutztechnischen Kennwerte der Bauteile und der Kennwerte der Anlagentechnik. Da diese Eigenschaftswerte häufig schwierig zu beschaffen sind, hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung öffentliche Bekanntmachungen gemäß § 9, Abs. 2, Satz 3 EnEV veranlasst. Inhalt dieser in der „Datenrichtlinie“ [R27] genannten Informationen sind Vereinfachungen für die Aufnahme geometrischer Abmessungen, die Ermittlung energetischer Kennwerte sowie Erfahrungswerte für Bauteile und Anlagenkomponenten von Bestandsgebäuden.

Da diesen Bekanntmachungen der Stellenwert anerkannter Regeln der Technik zukommt, können sie im Rahmen der Energieausweiserstellung herangezogen werden. Zur Erstellung eines Energieausweises auf Basis des rechnerischen Energiebedarfs sind die im Folgenden aufgeführten Regeln zu beachten.

#### 12.3.2 Vereinfachungen beim geometrischen Aufmaß

Die geometrischen Abmessungen eines Bestandswohngebäudes können zum Teil mit vereinfachenden Annahmen festgelegt werden. So darf die Ermittlung der Fensterflächen inkl. Außentüren pauschal mit 20% der Wohnfläche erfolgen. Diese Fensterflächen sind dann vollständig ost-/westorientiert im Rechengang anzunehmen. Ist die Wohnfläche eines Gebäudes nicht bekannt, kann sie aus der nach EnEV ermittelten Gebäudenutzfläche errechnet werden: bei Ein- und Zweifamilienhäusern mit beheiztem Keller beträgt  $A_{Wohnfl.} = A_N/1,35$ , bei allen übrigen Wohngebäuden ist  $A_{Wohnfl.} = A_N/1,2$ .

Rolladenkästen können pauschal mit 10% der Fensterfläche angesetzt werden. Vor- und Rücksprünge der Fassade bis zu 0,5 m dürfen übermessen werden und pauschal mit einem Zuschlag auf  $H_T$  von 5% angesetzt werden. Die gleiche Vorgehensweise ist bei vorhandenen Dachgauben möglich, deren Ansichtslänge  $l_{Gaupe}$  auf 0,5 m genau bestimmt werden darf und die mit einem Zuschlag auf  $H_T$  von 10 W/K pro Gaubenseitenwand berücksichtigt wird. Die aus Gauben bedingte Volumenerhöhung  $\Delta V_e$  beträgt  $9 \text{ m}^2 \cdot l_{Gaupe}$ .

Innenliegende Kellerabgänge dürfen ebenfalls übermessen werden. In der Berechnung erfolgt ein Zuschlag auf  $H_T$  von 50 W/K pro Kellerabgang. Die daraus bedingte Volumenerhöhung  $\Delta V_e$  beträgt  $35 \text{ m}^3$  je Kellerabgang. Heizkörpernischen können mit 50% der Fensterfläche abgeschätzt werden.

### Hinweis:

Die Anwendung pauschaler Ansätze kann vor allem bei der gebotenen Angabe von Sanierungsempfehlungen zu Fehleinschätzungen der Effizienz zusätzlicher Maßnahmen führen. Daher wird von der Verwendung dieser Ansätze abgeraten.

Vor allem ist unklar, wie bei Fassadenvor- oder Rücksprüngen der pauschale Zuschlag auf  $H_T$  anzuwenden ist. Erfolgt dieser auf den Basiswert ohne die eventuell nachfolgenden Zuschläge für Gauben und Kellerabgänge oder wird er erst abschließend auf die Summe aller vorherigen Zuschläge beaufschlagt.

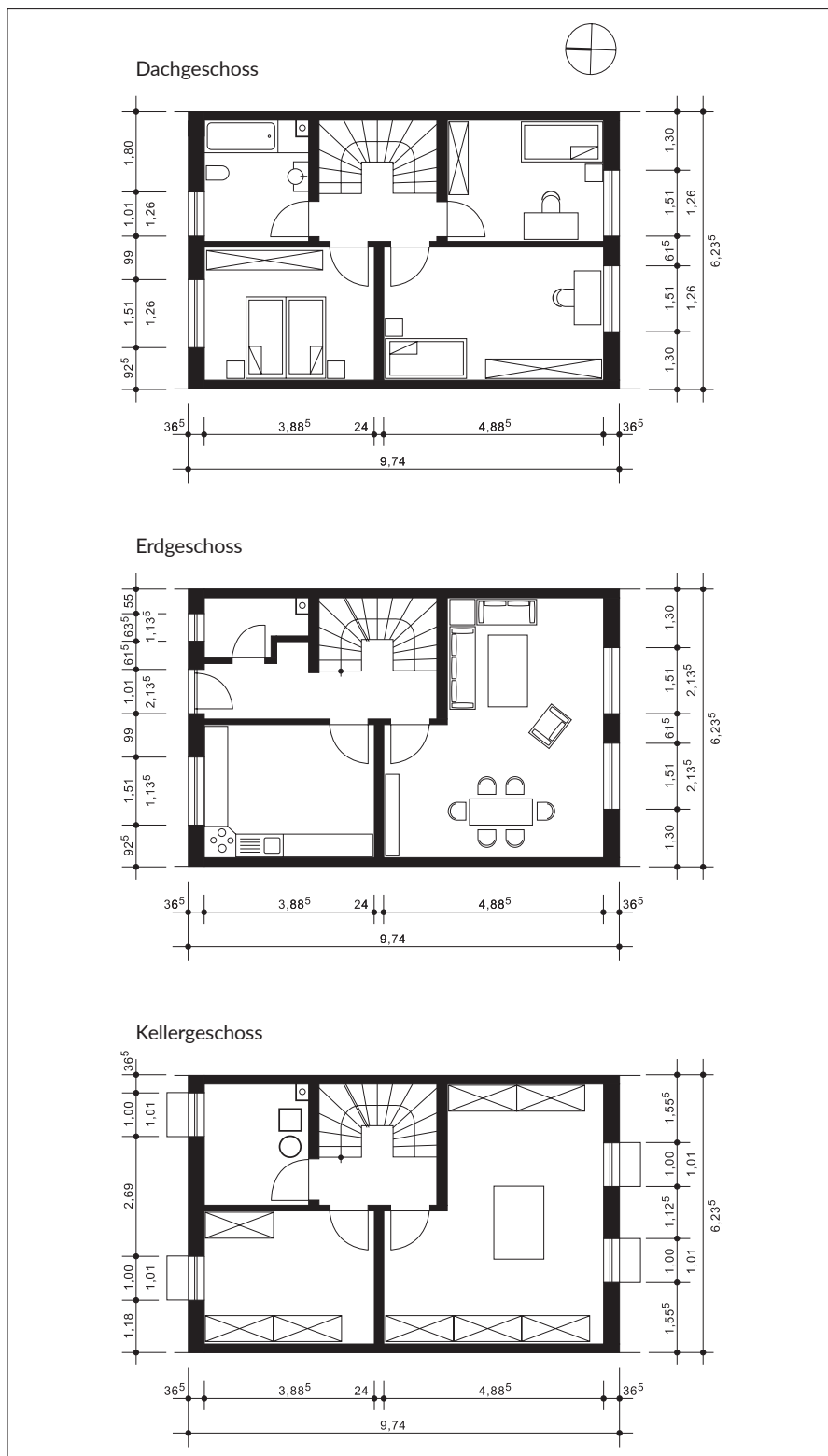
Das Ziegel-EnEV-Programm setzt den prozentualen Zuschlag auf die Transmissionswärmeverluste inkl. der zuvor addierten Teilzuschläge.

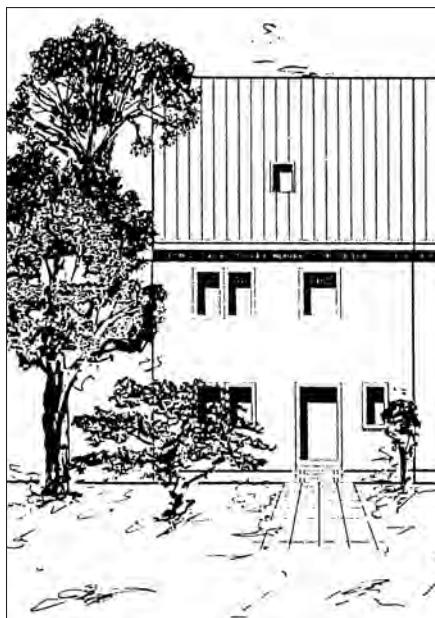
### 12.3.3 Energetische Qualität von Bauteilen und Anlagentechnik

Die Datenrichtlinie des BMWi/BMUB [R27] enthält zur Beschreibung der energetischen Qualität der wärmetauschenden Hüllfläche ein umfangreiches Tabellenwerk mit nach Baualtersklassen eingestuftem Wärmedurchgangskoeffizienten für Dächer, Dachgeschossdecken, Außenwänden, Kellerdecken und Fenster. Die Kennwerte der opaken Bauteile sind zudem für die Basisausführung zuzüglich nachträglicher Dämmschichten aufgeführt, so dass eine Abschätzung der Dämmeigenschaften ohne exakte Kenntnis der Bauteilaufbauten möglich ist.

### Hinweis:

In Kapitel 14 sind in der Tabelle 14.3 die Wärmeleitfähigkeiten von Mauerziegeln in ihrer historischen Entwicklung aufgelistet, so dass die Wärmedurchgangskoeffizienten derartiger Außenwände sicher bestimmt werden können.





## 12.4 Beispiel Bestandswohngebäude und Sanierungsempfehlungen

Am folgendem Beispiel eines Reihenendhauses soll die grundsätzliche Vorgehensweise zu Erstellung eines Energieausweises auf Basis des rechnerischen Energiebedarfs aufgezeigt werden. Das Gebäude weist die in der folgenden Tabelle 12.1 aufgelisteten Wärmedurchgangskoeffizienten und Bauteilflächen auf. Der Keller des Gebäudes wird als unbeheizt angenommen, so dass das beheizte Volumen  $334,01 \text{ m}^3$  und die beheizte Nutzfläche  $106,88 \text{ m}^2$  beträgt. Der Wärmeschutz des Gebäudes entspricht bei einem mittleren U-Wert der Gebäudehülle von  $0,69 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung von 1977. Die Wärmebrücken werden mit einem pauschalen Zuschlag von  $\Delta U_{\text{WB}} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  berücksichtigt. Die Luftwechselzahl beträgt  $0,7 \text{ h}^{-1}$ , Undichtheiten sind somit nicht vorhanden.

Der mittels Monatsbilanzverfahren errechnete Jahresheizwärmebedarf ergibt sich zu  $130,12 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Die Heizanlage ist im unbeheizten Keller aufgestellt. Es handelt sich um einen Gas-Niedertemperaturkessel der Baualtersklasse 1987-1994 mit einer Systemtemperatur  $70/55 \text{ °C}$  und einer entsprechend gebäudezentralen Verteilung. Die Wärmeabgabe erfolgt über Radiatoren an den Außenwänden. Die Trinkwassererwärmung wird von derselben Anlage bereit gestellt. Eine Zirkulation ist vorhanden.

Aus den Tabellen der Datenrichtlinie sind die Anlagenkennwerte in Verbindung mit DIN V 4701-10 ermittelt worden und führen zu einem  $e_p$ -Wert von 2,10. Der Endenergiebedarf für Heizenergie und Hilfsstrom beträgt  $267,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  und wird nach Energieträgern getrennt im Energieausweis angegeben.

Die nach § 20 zu formulierenden Empfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz werden für den Fall der Fenstererneuerung, der zusätzlichen Dämmung der Dachgeschossdecke sowie einer Kombination beider Maßnahmen in Verbindung mit einer Heizungserneuerung berechnet und im entsprechenden Formblatt 4 „Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung“ dargestellt. Die Einzelmaßnahmen werden im folgenden Kapitel 12.5 gelistet. Die Investitionskosten sind dabei grob geschätzt worden.

Die Maßnahmen 1 bis 3 bewirken eine Energieeinsparung von etwa  $13.000 \text{ kWh}$  pro Jahr. Die geschätzten Investitionskosten von knapp  $27.000 \text{ €}$  können sich unter Zugrundelegung einer statischen Amortisation bei einem Energiepreis von etwa  $0,12 \text{ €/kWh}$  in ca. 30 Jahren amortisieren. Eine dynamische Betrachtung unter Berücksichtigung von Zinsentwicklung und absehbarer Energiepreissteigerung kann unter Umständen zu einer günstigeren Amortisationsberechnung führen.

## 12.5 Anforderungen an Einzelbauteile

Werden Außenbauteile nach EnEV § 9 saniert oder Gebäudeerweiterungen vorgenommen, für die kein Wärmezeuger eingebaut wird, sind die betroffenen Außenbauteile nach den folgenden Abschnitten 1 bis 7 auszuführen (Auszug EnEV Anlage 3).

Die energetische Bewertung der Komponenten der Anlagentechnik erfolgt analog dem Tabellen-Verfahren der DIN V 4701-10. Die Datenrichtlinie enthält umfangreiche Tabelleneinträge mit nutzflächenbezogenen pauschalen Kennwerten der einzelnen Prozessbereiche, so dass in Verbindung mit DIN V 4701-10 und DIN 4701-12 die Gesamtaufwandszahlen bestehender Heiz-, Warmwasser- und Lüftungsanlagen bestimmt werden können. Auf Grund des großen Umfangs dieser Tabellen wird auf eine Darstellung in dieser Broschüre verzichtet.

## 1 Außenwände

Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen Außenwände ersetzt oder erstmals eingebaut werden, sind die Anforderungen nach Tabelle 1, Zeile 1 einzuhalten. Dies ist auch auf Außenwände anzuwenden, die in der Weise erneuert werden, dass bei einer bestehenden Wand

- a) auf der Außenseite Bekleidungen in Form von Platten oder plattenartigen Bauteilen oder Verschalungen sowie Mauerwerksvorsatzschalen angebracht werden oder
- b) der Außenputz erneuert wird.

Satz 2 ist nicht auf Außenwände anzuwenden, die unter Einhaltung energiesparrechtlicher Vorschriften nach dem 31. Dezember 1983 errichtet oder erneuert worden sind. Werden Maßnahmen nach Satz 1 oder 2 ausgeführt und ist die Dämmschichtdicke im Rahmen dieser Maßnahmen aus technischen Gründen begrenzt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ) eingebaut wird. Werden Maßnahmen nach Satz 1 oder 2 ausgeführt und wird hierbei Satz 4 angewendet, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  einzuhalten, sowie Dämm-Materialien in Hohlräume eingblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden.

## 2 Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster und Glasdächer

Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen gegen Außenluft abgrenzende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster und Glasdächer in der Weise erneuert werden, dass

- a) das gesamte Bauteil ersetzt oder erstmalig eingebaut wird,
- b) zusätzliche Vor- oder Innenfenster eingebaut werden oder
- c) die Verglasung oder verglaste Flügelrahmen ersetzt werden,

sind die Anforderungen nach Tabelle 1, Zeile 2 einzuhalten. Werden Maßnahmen gemäß Buchstabe a an Fenstertüren mit Klapp-, Falt-, Schiebe- oder Hebemechanismus durchgeführt, sind die Anforderungen nach Tabelle 1, Zeile 2f einzuhalten. Bei Maßnahmen gemäß Buchstabe c gilt Satz 1 nicht, wenn der vorhandene Rahmen zur Aufnahme der vorgeschriebenen Verglasung ungeeignet ist. Werden Maßnahmen nach Buchstabe c ausgeführt und ist die Glasdicke im Rahmen dieser Maßnahmen aus technischen Gründen begrenzt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn eine Verglasung mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von höchstens  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  eingebaut wird. Werden Maßnahmen nach Buchstabe c an Kasten- oder Verbundfenstern durchgeführt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn eine Glastafel mit einer infrarot-reflektierenden Beschichtung mit einer Emissivität  $\epsilon_n \leq 0,2$  eingebaut wird. Werden bei Maßnahmen nach Satz 1

1. Schallschutzverglasungen mit einem bewerteten Schalldämmmaß der Verglasung von  $R_{w,R} > 40 \text{ dB}$  nach DIN EN ISO 717-1: 1997-01 oder einer vergleichbaren Anforderung oder
2. Isolierglas-Sonderaufbauten zur Durchschusshemmung, Durchbruchhemmung oder Sprengwirkungshemmung nach anerkannten Regeln der Technik oder
3. Isolierglas-Sonderaufbauten als Brandschutzglas mit einer Einzелеmentdicke von mindestens 18 mm nach DIN 4102-13: 1990-05 oder einer vergleichbaren Anforderung

verwendet, sind abweichend von Satz 1 die Anforderungen nach Tabelle 1, Zeile 3 einzuhalten.

## 3 Außentüren

Bei der Erneuerung von Außentüren dürfen nur Außentüren eingebaut werden, deren Türfläche einen Wärmedurchgangskoeffizienten von  $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  nicht überschreitet. Satz 1 ist auf rahmenlose Türanlagen aus Glas, Karusselltüren und kraftbetätigte Türen nicht anzuwenden.

## 4 Dachflächen sowie Decken und Wände gegen unbeheizte Dachräume

Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen Dachflächen einschließlich Dachgauben, die gegen die Außenluft abgrenzen, sowie Decken und Wände, die gegen unbeheizte Dachräume abgrenzen, ersetzt oder erstmals eingebaut werden, sind für die betroffenen Bauteile die Anforderungen nach Tabelle 1, Zeile 4a einzuhalten. Soweit derartige Bauteile in der Weise erneuert werden, dass

- a) eine Dachdeckung einschließlich darunter liegender Lattungen und Verschalungen ersetzt oder neu aufgebaut werden,
- b) eine Abdichtung, die flächig (zum Beispiel mit geschlossenen Nähten und Stößen) das Gebäude wasserdicht abdichtet, durch eine neue Schicht gleicher Funktion ersetzt wird (bei Kaltdachkonstruktionen einschließlich darunter liegender Lattungen),
- c) bei Wänden zum unbeheizten Dachraum (einschließlich Abseitenwänden) auf der kalten Seite Bekleidungen oder Verschalungen aufgebracht oder erneuert oder Dämmschichten eingebaut werden oder



d) bei Decken zum unbeheizten Dachraum (oberste Geschossdecken) auf der kalten Seite Bekleidungen oder Verschalungen aufgebracht oder erneuert oder Dämmschichten eingebaut werden,

sind für die betroffenen Bauteile bei Maßnahmen nach den Buchstaben a, c und d die Anforderungen nach Tabelle 1, Zeile 4a sowie bei Maßnahmen nach Buchstabe b die Anforderungen nach Tabelle 1, Zeile 4b einzuhalten. Satz 2 ist nicht auf Bauteile anzuwenden, die unter Einhaltung energiesparrechtlicher Vorschriften nach dem 31. Dezember 1983 errichtet oder erneuert worden sind. Wird bei Maßnahmen nach Satz 2, Buchstabe a der Wärmeschutz als Zwischensparrendämmung ausgeführt und ist die Dämmschichtdicke wegen einer innenseitigen Bekleidung oder der Sparrenhöhe begrenzt, so gilt die Anforderung als erfüllt, wenn die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ) eingebaut wird. Werden bei Maßnahmen nach Satz 2, Buchstabe b Gefälledächer durch die keilförmige Anordnung einer Dämmschicht aufgebaut, so ist der Wärmedurchgangskoeffizient nach DIN EN ISO 6946: 2008-04 Anhang C zu ermitteln; der Bemessungswert des Wärmedurchgangswiderstandes am tiefsten Punkt der neuen Dämmschicht muss den Mindestwärmeschutz nach § 7, Absatz 1 gewährleisten. Werden Maßnahmen nach Satz 2 ausgeführt und ist die Dämmschichtdicke im Rahmen dieser Maßnahmen aus technischen Gründen begrenzt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ) eingebaut wird; werden Maßnahmen nach Satz 2 ausgeführt und wird hierbei der erste Halbsatz angewendet, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  einzuhalten, soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden. Die Sätze 1 bis 6 sind nur auf opake Bauteile anzuwenden.

Werd

### 5 Wände gegen Erdreich oder unbeheizte Räume (mit Ausnahme von Dachräumen) sowie Decken nach unten gegen Erdreich, Außenluft oder unbeheizte Räume

Soweit bei beheizten Räumen Wände, die an Erdreich oder an unbeheizte Räume (mit Ausnahme von Dachräumen) grenzen, oder Decken, die beheizte Räume nach unten zum Erdreich, zur Außenluft oder zu unbeheizten Räumen abgrenzen, ersetzt oder erstmals eingebaut werden, sind die Anforderungen der Tabelle 1, Zeile 5 einzuhalten. Dies ist auch anzuwenden, soweit derartige Bauteile in der Weise erneuert werden, dass

- a) außenseitige Bekleidungen oder Verschalungen, Feuchtigkeitssperren oder Drainagen angebracht oder erneuert werden,
- b) Fußbodenaufbauten auf der beheizten Seite aufgebaut oder erneuert werden oder
- c) Deckenbekleidungen auf der Kaltseite angebracht werden.

Satz 2 ist nicht auf Bauteile anzuwenden, die unter Einhaltung energiesparrechtlicher Vorschriften nach dem 31. Dezember 1983 errichtet oder erneuert worden sind. Werden Maßnahmen nach Satz 1 oder 2 ausgeführt und ist die Dämmschichtdicke im Rahmen dieser Maßnahmen aus technischen Gründen begrenzt, so gelten die Anforderungen als erfüllt, wenn die nach anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ) eingebaut wird.

Werden Maßnahmen nach Satz 1 oder 2 ausgeführt und wird hierbei Satz 4 angewendet, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  einzuhalten, soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden.

### 6 Vorhangfassaden

Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen Vorhangfassaden in Pfosten-Riegel-Konstruktion, deren Bauart DIN EN 13947: 2007-07 entspricht, in der Weise erneuert werden, dass das gesamte Bauteil ersetzt oder erstmalig eingebaut wird, sind die Anforderungen nach Tabelle 1, Zeile 2d einzuhalten. Werden bei Maßnahmen nach Satz 1 Sonderverglasungen entsprechend Nummer 2, Satz 5 verwendet, sind abweichend von Satz 1 die Anforderungen nach Tabelle 1, Zeile 3c einzuhalten.

## 7 Anforderungen

Tabelle 1: Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von $12$ bis $< 19^\circ\text{C}$
			Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{\text{max}}^{1)}$	
1	Außenwände	Nummer 1 Satz 1 und 2	$0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
2a	Fenster, Fenstertüren	Nummer 2 Buchstabe a und b	$1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{2)}$	$1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{2)}$
2b	Dachflächenfenster	Nummer 2 Buchstabe a und b	$1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{2)}$	$1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{2)}$
2c	Verglasungen	Nummer 2 Buchstabe c	$1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{3)}$	keine Anforderung
2d	Vorhangfassaden	Nummer 6 Satz 1	$1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{4)}$	$1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{4)}$
2e	Glasdächer	Nummer 2 Buchstabe a und c	$2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{3)}$	$2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{3)}$
2f	Fenstertüren mit Klapp-, Falt-, Schiebe- oder Hebemechanismus	Nummer 2 Buchstabe a	$1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{2)}$	$1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{2)}$
3a	Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	Nummer 2 Buchstabe a und b	$2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{2)}$	$2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{2)}$
3b	Sonderverglasungen	Nummer 2 Buchstabe c	$1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{3)}$	keine Anforderung
3c	Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	Nummer 6 Satz 2	$2,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{4)}$	$3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{4)}$
4a	Dachflächen einschließlich Dachgauben, Wände gegen unbeheizten Dachraum (einschließlich Abseitenwänden), oberste Geschossdecken	Nummer 4 Satz 1 und 2 Buchstabe a, c und d	$0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
4b	Dachflächen mit Abdichtung	Nummer 4 Satz 2 Buchstabe b	$0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
5a	Wände gegen Erdreich oder unbeheizte Räume (mit Ausnahme von Dachräumen) sowie Decken nach unten gegen Erdreich oder unbeheizte Räume	Nummer 5 Satz 1 und 2 Buchstabe a und c	$0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	keine Anforderung
5b	Fußbodenaufbauten	Nummer 5 Satz 2 Buchstabe b	$0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	keine Anforderung
5c	Decken nach unten an Außenluft	Nummer 5 Satz 1 und 2 Buchstabe a und c	$0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

<sup>1)</sup> Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils unter Berücksichtigung der neuen und der vorhandenen Bauteilschichten; für die Berechnung der Bauteile nach den Zeilen 5a und b ist DIN 4108-06: 2003-06, Anhang E und für die Berechnung sonstiger opaker Bauteile ist DIN EN ISO 6946: 2008-04 zu verwenden.

<sup>2)</sup> Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters; der Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters ist technischen Produkt-Spezifikationen zu entnehmen oder gemäß den nach den Landesbauordnungen bekannt gemachten energetischen Kennwerten für Bauprodukte zu bestimmen. Hierunter fallen insbesondere energetische Kennwerte aus Europäischen Technischen Bewertungen sowie energetische Kennwerte der Regelungen nach der Bauregelliste A, Teil 1 und auf Grund von Festlegungen in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

<sup>3)</sup> Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung; Fußnote 2 ist entsprechend anzuwenden.

<sup>4)</sup> Wärmedurchgangskoeffizient der Vorhangfassade; er ist nach DIN EN 13947: 2007-07 zu ermitteln.

## 12.6 Anforderungen an bestehende Gebäude

Die vorangegangenen Abschnitte dieses Kapitels verdeutlichen, dass der Verordnungsgeber von einer Verschärfung der Anforderungswerte im Bereich der Bestandsgebäude gegenüber der EnEV 2009 Abstand genommen hat. So bleibt das Bauteilverfahren gemäß Anlage 3 (s. Abschnitt 12.5) der EnEV im Wesentlichen unverändert.

Gleichwohl sind zukünftig ergänzende Anforderungen an die einzelnen Bauteile gestellt worden. Grundsätzlich sind hinsichtlich des Einbaus von Dämmschichten bei Außenwänden, die aus technischen Gründen begrenzt sind, verbesserte Wärmeleitfähigkeiten  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  anstelle des bisherigen Grenzwertes von  $0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  gefordert. Bei Verwendung von in Hohlräume eingeblasene oder aus nachwachsenden Rohstoffen bestehenden Dämmstoffen gilt jedoch eine Wärmeleitfähigkeit von  $0,045 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  als zulässig.

Im Bereich der nicht opaken Bauteile gelten die Anforderungen an die Fenster als nach wie vor erfüllt, wenn eine Verglasung mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von höchstens  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  eingebaut wird. Bei der Erneuerung von Außentüren dürfen deren Türflächen einen Wärmedurchgangskoeffizienten von  $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  bereits mit Inkrafttreten der EnEV 2014 nicht überschreiten. Hinzuweisen sei zudem noch auf die Wände an unbeheiztem Dachraum, die nunmehr gemäß Anlage 3, Punkt 4 einen Wärmedurchgangskoeffizienten von  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  statt bisher  $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  zu erbringen haben.

### Nachrüstpflichten

Die Nachrüstungen bei Anlagen und Gebäuden werden wie bisher in § 10 formuliert. Folgende Neuregelungen sind eingearbeitet worden:

Die bisherigen Regelungen zur Außerbetriebnahme alter Heizkessel, welche für Erzeuger gelten, die vor dem 1. Oktober 1978 aufgestellt worden sind, wurden erweitert. In Zukunft dürfen Heizkessel, die vor dem 1. Januar 1985 eingebaut oder aufgestellt worden sind, ab 2015 nicht mehr betrieben werden. Zudem dürfen flüssig oder gasförmig betriebene Heizkessel, die nach dem 1. Januar 1985 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nach Ablauf von 30 Jahren ebenfalls nicht mehr betrieben werden.

Des Weiteren besteht für Eigentümer von Wohn- sowie Nichtwohngebäuden die Pflicht, dass im Falle einer jährlichen Nutzung der Gebäude von mindestens 4 Monaten, bei gleichzeitiger Beheizung und Innentemperaturen von mindestens  $19^\circ \text{C}$ , zugängliche Decken beheizter Räume zum unbeheizten Dachraum (oberste Geschossdecken) ein bestimmtes Dämmniveau erreichen müssen. Decken, die nach dem 31. Dezember 2015 nicht den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 erfüllen, sind derart auszuführen, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  nicht überschreitet. Die Pflicht gilt ebenfalls als erfüllt, wenn anstelle der obersten Geschossdecke das darüber liegende Dach entsprechend gedämmt ist oder den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 genügt.

### Gebäudeerweiterungen

Die bisher im § 9, Absätze 4 und 5 gefassten Regelungen für An- und Erweiterungsbauten werden zukünftig nicht mehr nach der Größe der hinzukommenden Fläche differenziert, sondern nach dem Kriterium, ob im Zuge der Sanierung/Umbaumaßnahme ein neuer Wärmeerzeuger für die Gesamtbeheizung des Gebäudes eingebaut wird. In Konsequenz bedeutet dies, dass im Falle einer Gebäudeerweiterung ohne den Einbau eines neuen Wärmeerzeugers die Anforderungen bei Änderung

von Außenbauteilen und bei Errichtung kleiner Gebäude gemäß Anlage 3 einzuhalten sind.

Sollte die Gebäudeerweiterung in Verbindung mit dem Einbau eines neuen Wärmeerzeugers zur Beheizung des Gesamtgebäudes durchgeführt werden, so sind die Anforderungen des Bilanzverfahrens gemäß § 3 für den Wohngebäudebereich bzw. § 4 für den Nichtwohngebäudebereich maßgebend.

## 13 Checkliste zum Niedrigstenergiehaus

### Städtebau:

- Südorientierung der Fassaden mit Hauptfensterflächen
- Ausreichende Gebäudeabstände zur Solarnutzung bei tiefstehender Sonne
- Höchstmögliche Verdichtung durch Reihenhäuser oder Blockbebauung
- Solarorientierte Dachneigungen und Firstlinien
- Begrünung zur sommerlichen Verschattung und zur Beeinflussung des Mikroklimas

### Architektur:

- Kompakte Baukörper mit möglichst breiter Südfront bei reduzierter Gebäudetiefe
- Keine Vor- und Rücksprünge von mehr als  $0,5 \text{ m}$  aus der Baulinie
- Anordnung von Pufferräumen oder Gebäudeteilen untergeordneter Nutzung im Norden
- Verzicht auf Erker und Gauben bei vereinfachten Dachformen
- Sinnvoll aufeinander abgestimmtes Dämmkonzept
- Darstellung aller wichtigen Bauteile im Rahmen der Ausführungsplanung
- Erstellung spezifizierter Ausschreibungsunterlagen mit exakten Produktangaben

### Passive Solarenergienutzung:

- Fensterflächenanteile südorientierter Fassaden  $\geq 50\%$ , übrige Anteile nicht über die zur Belichtung notwendigen hinaus
- Optimierte Flächenorientierung und -neigung zur passiven und aktiven Solarenergienutzung
- Gebäudezonierung und -schnitt nach Nutzungszonen mit unterschiedlichen Raumtemperaturen
- Anordnung speicherfähiger Innenbauteile im Strahlengang der Sonne
- Verzicht auf raumseitige Dämmschichten

### Lüftungskonzept:

- Luftdichtheit der Gebäudehülle anstreben
- Bei Fensterlüftung Möglichkeit der Querlüftung schaffen
- Nicht jedes Fenster muss offenbar sein
- Innenliegende Räume oder solche mit hohem notwendigen Luftwechsel mit mechanischer Abluft versehen
- Zuluftvorwärmung über Glasanbauten oder Erdreich möglich
- Notwendigkeit einer mechanischen Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung prüfen

### Baulicher Wärmeschutz:

- Massive Außenwände mit sinnvollem Wärmeschutz sowohl monolithisch als auch zusatzgedämmt ein- und mehrschalig
- Fenster mit mindestens doppelt verglasten Wärmeschutzgläsern mit Edelgasfüllung und Infrarotverspiegelung und gleichzeitig hohem Gesamtenergiedurchlassgrad
- Hochwärmedämmende Fensterrahmen mit möglichst großer Blendrahmenstärke zum Erzielen einer hohen Luftdichtheit in der Einbaufuge
- Außentüren mit wärmedämmter Füllung
- Schrägdächer mit Vollsparren- und Untersparrendämmung und abgestimmten Dichtheitsschichten
- Großzügige Wärme- und Trittschalldämmungen unter schwimmenden Estrichen

- Hochwertige Dämmung von Abseitenwänden, Gauben und Deckenflächen gegen Außenluft

### Bauausführung:

- Vermeidung von Wärmebrücken an Bauteilanschlüssen (Deckenaufleger, Rollladenkästen, Dachanschlüsse)
- Verwendung geeigneter Materialien und Materialkombinationen (Dämmung der Satteldächer)
- Einsatz hochwertiger Verglasungen in wärmedämmten Fensterrahmen (insbesondere bei Dachflächenfenstern)
- Überwachung der Bauausführung an handwerklich schwierigen Bauteildetails (Dachanschlüsse, Kehlgebälk, Abseiten)
- Ausführung dauerhaft luft- und winddichter Anschlüsse (Kehlgebälk, Gauben, Fenstereinbaufugen)
- Thermische Trennung auskragender und in Kaltbereiche ragender Bauteile (Balkone, Vordächer)
- Überprüfung der wärmetechnischen Kennwerte anhand von Produktbegleitzetteln und Lieferscheinen

### Haustechnik:

- Kurze Heiz- und Warmwasserleitungen zur Verringerung der Verteilverluste
- Aufstellort der Wärmeerzeugung innerhalb der thermischen Hülle
- Ausreichende Dämmung der Rohrleitungen auch bei Verlegung in Bauteilen und bei Durchdringungen
- Einbau zeitlich steuerbarer Zirkulationspumpen, Beleuchtung, etc.
- Überprüfung der möglichen Dämmstärke bei Brauchwasserspeichern über die vorhandene hinaus
- Beschädigungen von Dichtungsebenen durch Elektroinstallationen, Dunstrohre etc. vermeiden
- Einsatz von Photovoltaik zur Eigenstromversorgung prüfen

## 14 Wärmetechnische Bemessungswerte

### 14.1 Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

Die folgenden Tabellen enthalten Mindestwerte des baulichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 sowie auszugsweise Bemessungswerte genormter Baustoffe nach DIN 4108-4 und DIN EN 12524. Die Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand ein- und mehrschaliger Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse  $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$ , die Räume gegen die Außenluft, niedrig beheizte Bereiche, Bereiche mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen oder unbeheizte Bereiche abtrennen, sind in der folgenden Tabelle 14.1 aufgeführt.

Der Wärmedurchlasswiderstand ein- und mehrschaliger Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse  $m' \leq 100 \text{ kg/m}^2$  muss mindestens  $R = 1,75 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$  betragen.

Bei thermisch inhomogenen Bauteilen, wie sie beispielsweise bei Skelett-, Rahmen oder Holzständerbauweisen, aber auch bei Fassaden als Pfosten-Riegel-Konstruktionen vorkommen, ist im Bereich des Gefachs ein Wärmedurchlasswiderstand von  $R_G \geq 1,75 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$  einzuhalten. Zusätzlich gilt für das gesamte Bauteil im Mittel ein Anforderungswert  $R_m \geq 1,0 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ .

Auch bei Rollladenkästen gilt für das gesamte Bauteil im Mittel  $R_m \geq 1,0 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ . Im Bereich des Deckels muss darüber hinaus ein Wärmedurchlasswiderstand von mindestens  $R \geq 0,55 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$  vorhanden sein.

Der Mindestwärmeschutz muss an jeder Stelle vorhanden sein. Hierzu gehören u.a. auch Nischen unter Fenstern, Brüstungen von Fensterbauteilen, Fensterstürze, Wandbereiche auf

**Tabelle 14.1: Mindestanforderungen an Wärmedurchlasswiderstände von Bauteilen**

Zeile	Bauteile	Beschreibung	Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils <sup>b</sup> R in [(m <sup>2</sup> · K)/W]	Wärmeübergangswiderstand R <sub>S</sub> [(m <sup>2</sup> · K)/W]	
				innen R <sub>Si</sub>	außen R <sub>SE</sub>
1.1	<b>Wände beheizter Räume</b>	gegen Außenluft	1,2 <sup>c</sup>	0,13	0,04
1.2		zu Tiefgaragen nicht beheizte Räume (auch nicht beheizte Dachräume oder nicht beheizte Kellerräume außerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche)	1,2	0,13	0,13
1.3		gegen Erdreich	1,2	0,13	0
2	<b>Dachschräge beheizter Räume</b>	gegen Außenluft	1,2	0,10	0,04
3.1	<b>Decken beheizter Räume nach oben und Flachdächer</b>	gegen Außenluft	1,2	0,13	0,04
3.2		zu belüfteten Räumen zwischen Dachschrägen und Abseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen	0,90	0,10	0,10
3.3		zu nicht beheizten Räumen, zu bekriechbaren oder noch niedrigeren Räumen	0,90	0,10	0,10
3.4		zu Räumen zwischen gedämmten Dachschrägen und Abseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen	0,35	0,13	0,13
4.1 <sup>a</sup>	<b>Decken beheizter Räume nach unten</b>	gegen Außenluft, gegen Tiefgarage, gegen Garagen (auch beheizte), Durchfahrten (auch verschließbare) und belüftete Kriechkeller	1,75	0,17	0,04
4.2		gegen nicht beheizten Kellerraum	0,90	0,17	0,17
4.3		unterer Abschluss (z. B. Sohlplatte) von Aufenthaltsräumen, unmittelbar an das Erdreich grenzend bis zu einer Raumtiefe von 5 m	0,90	0,17	0
4.4		über einen nicht belüfteten Hohlraum, z.B. Kriechkeller, an das Erdreich grenzend	0,90	0,17	0,13
5.1	<b>Bauteile an Treppenträumen</b>	Wände zwischen beheiztem Raum und direkt beheiztem Treppenraum, Wände zwischen beheiztem Raum und indirekt beheiztem Treppenraum, sofern die anderen Bauteile des Treppenraums die Anforderungen der Tabelle 3 erfüllen	0,07	0,13	0,13
5.2		Wände zwischen beheiztem Raum und indirekt beheiztem Treppenraum, wenn nicht alle anderen Bauteile des Treppenraums die Anforderungen der Tabelle 3 erfüllen	0,25	0,13	0,13
5.3		oberer und unterer Abschluss eines beheizten oder indirekt beheizten Treppenraumes	wie Bauteile beheizter Räume	0,13	0,13
6.1	<b>Bauteile zwischen beheizten Räumen</b>	Wohnungs- und Gebäudetrennwände zwischen beheizten Räumen	0,07	0,13	0,13
6.2		Wohnungstrenndecken, Decken zwischen Räumen unterschiedlicher Nutzung	0,35	0,13	0,13

<sup>a</sup> Vermeidung von Fußkälte <sup>b</sup> bei erdberührten Bauteilen: konstruktiver Wärmedurchlasswiderstand <sup>c</sup> bei niedrig beheizten Räumen 0,55 (m<sup>2</sup> · K)/W

der Außenseite von Heizkörpern und Rohrkanälen, insbesondere für ausnahmsweise in Außenwänden angeordnete wasserführende Leitungen.



## 14.2 Tabellierte Bemessungswerte

**Tabelle 14.2: Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit und Richtwerte der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen nach DIN 4108-4 und DIN EN 12524**

Zeile	Stoff	Rohdichte <sup>ab</sup> ρ kg/m <sup>3</sup>	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf-Diffusions- widerstandszahl <sup>c</sup> μ
<b>1</b>	<b>Putze, Mörtel und Estriche</b>			
<b>1.1</b>	<b>Putze</b>			
	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	(1800)	1,00	15/35
	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	(1400)	0,70	10
	Leichtputz	< 1300	0,56	15/20
	Leichtputz	≤ 1000	0,38	
	Leichtputz	≤ 700	0,25	
	Gipsputz ohne Zuschlag	(1200)	0,51	10
	Wärmedämmputz nach DIN V 18550 Wärmeleitfähigkeitsgruppe	(≥ 200)	0,060	5/20
	060		0,070	
	070		0,080	
	080		0,090	
	090		0,100	
	100			
	Kunstharzputz	(1100)	0,70	50/200
<b>1.2</b>	<b>Mauermörtel</b>			
	Zementmörtel	(2000)	1,6	15/35
	Normalmörtel NM	(1800)	1,2	
	Dünnbettmauermörtel	(1600)	1,0	
	Leichtmauermörtel nach DIN EN 1996-1-1	≤ 1000	0,36	
	Leichtmauermörtel nach DIN EN 1996-1-1	≤ 700	0,21	
	Leichtmauermörtel	250	0,10	5/20
		400	0,14	
		700	0,25	
		1000	0,38	
		1500	0,69	
<b>1.3</b>	<b>Estriche</b>			
	Gussasphalt-Estrich	(2300)	0,90	<sup>d</sup>
	Zement-Estrich	(2000)	1,4	15/35
	Anhydrit-Estrich	(2100)	1,2	
	Magnesia-Estrich	1400 2300	0,47 0,70	
<b>2</b>	<b>Beton-Bauteile</b>			
<b>2.1</b>	<b>Beton nach DIN EN 206</b> <span style="float: right;"><b>Siehe DIN EN ISO 10456</b></span>			
<b>2.2</b>	<b>Leichtbeton und Stahlleichtbeton</b> mit geschlossenem Gefüge nach DIN EN 206 und DIN 1045-2, hergestellt unter Verwendung von Zuschlägen mit porigem Gefüge nach DIN 4226-2 ohne Quarzsandzusatz <sup>d</sup>	800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1800 2000	0,39 0,44 0,49 0,55 0,62 0,70 0,79 0,89 1,0 1,45 1,35	70/150

Zeile	Stoff	Rohdichte <sup>ab</sup> $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf-Diffusions- widerstandszahl <sup>c</sup> $\mu$
<b>2.3</b>	<b>Dampfgehärteter Porenbeton nach DIN 4223-1</b>	350	0,11	5/10
		400	0,13	
		450	0,15	
		500	0,15	
		550	0,18	
		600	0,19	
		650	0,21	
		700	0,22	
		750	0,24	
		800	0,25	
900	0,29			
1000	0,31			
<b>2.4</b>	<b>Leichtbeton mit haufwerkporigem Gefüge</b>			
- mit nichtporigen Zuschlägen nach DIN 4226-1, z. B. Kies	1600	0,81	3/10	
	1800	1,1		
	2000	1,4		
- mit porigen Zuschlägen nach DIN 4226-2, ohne Quarzsandzusatz <sup>d</sup>	600	0,22	5/15	
	700	0,26		
	800	0,28		
	1000	0,36		
	1200	0,46		
	1400	0,57		
	1600	0,75		
	1800	0,92		
	2000	1,2		
- ausschließlich unter Verwendung von Naturbims	400	0,12	5/15	
	500	0,15		
	600	0,18		
	700	0,20		
	800	0,24		
	900	0,28		
	1000	0,32		
	1100	0,37		
	1200	0,41		
	1300	0,47		
- ausschließlich unter Verwendung von Blähton	400	0,13	5/15	
	500	0,16		
	600	0,19		
	700	0,23		
	800	0,26		
	900	0,30		
	1000	0,35		
	1100	0,39		
	1200	0,44		
	1300	0,50		
	1400	0,55		
	1500	0,60		
	1600	0,68		
	1700	0,76		
<b>3</b>	<b>Bauplatten</b>			
<b>3.1</b>	<b>Porenbeton-Bauplatten und Porenbeton-Planbauplatten, unbewehrt nach DIN 4166</b>			
Porenbeton-Bauplatten (Ppl) mit normaler Fugendicke und Mauermörtel nach DIN 1053-1 verlegt	400	0,20	5/10	
	500	0,22		
	600	0,24		
	700	0,27		
	800	0,29		

Zeile	Stoff	Rohdichte <sup>ab</sup> ρ kg/m <sup>3</sup>	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf-Diffusions- widerstandszahl <sup>c</sup> μ	
	Porenbeton-Planbauplatten (Pppl), dünnfugig verlegt	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800	0,11 0,13 0,15 0,16 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25	5/10	
3.2	Wandplatten aus Leichtbeton nach DIN 18162	800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,37 0,47 0,58	5/10	
3.3	Wandbauplatten aus Gips nach DIN 18163, auch mit Poren, Hohlräumen, Füllstoffen oder Zuschlägen	750 900 1000 1200	0,35 0,41 0,47 0,58	5/10	
3.4	Gipskartonplatten nach DIN 18180	900	0,25		
4	Mauerwerk, einschließlich Mörtelfugen				
4.1	Mauerwerk aus Mauerziegeln nach DIN V 105-1 bis DIN V 105-6 teilweise ersetzt durch DIN V 105-100 bzw. Mauerziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN V 20000-401				
		NM/DM <sup>f</sup>			
	Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker	1800 2000 2200 2400	0,81 0,96 1,2 1,4	50/100	
	Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel	1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400	0,50 0,58 0,68 0,81 0,96 1,2 1,4	5/10	
			LM21/LM36 <sup>f</sup> NM/DM <sup>f</sup>		
	Hochlochziegel mit Lochung A und B nach DIN V 105-2 bzw. LD-Ziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN V 20000-401	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,27 0,28 0,30 0,31 0,33 0,34 0,36 0,37 0,38 0,40	0,32 0,33 0,35 0,36 0,38 0,39 0,41 0,42 0,44 0,45	5/10
	Hochlochziegel HLzW und Wärmedämmziegel nach DIN V 105-2 bzw. LD-Ziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN V 20000-401, Sollmaß h = 238 mm	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,19 0,20 0,20 0,21 0,22 0,23 0,23 0,24 0,25 0,26	0,22 0,23 0,23 0,24 0,25 0,26 0,26 0,27 0,28 0,29	5/10

Zeile	Stoff	Rohdichte <sup>ab</sup> $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ W/(m · K)		Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl <sup>c</sup> $\mu$			
	<b>Wärmedämmziegel nach bauaufsichtlicher Zulassung</b> (Richtwerte der Rohdichte und der Wärmeleitfähigkeit)	LM21/DM			5/10			
		600	0,070					
		600	0,080					
		600	0,090					
		600	0,10					
		600	0,11					
		650	0,12					
		700	0,13					
		750	0,14					
4.2	<b>Mauerwerk aus Kalksandsteinen nach DIN V 106-1 bis -2 bzw. nach DIN EN 771-2 in Verbindung mit DIN V 20000-402</b>	NM/DM <sup>f</sup>			5/10			
		1000	0,50					
		1200	0,56					
		1400	0,70		15/25			
		1600	0,79					
		1800	0,99					
4.3	<b>Mauerwerk aus Hüttensteinen nach DIN 398</b>	NM/DM <sup>f</sup>			70/100			
		1000	0,47					
		1200	0,52					
		1400	0,58					
		1600	0,64					
		1800	0,70					
4.4	<b>Mauerwerk aus Porenbeton-Plansteinen (PP) nach DIN 4165-100 bzw. DIN EN 771-4 in Verbindung mit DIN V 20000-404</b>	DM <sup>f</sup>			5/10			
		350	0,11					
		400	0,13					
		450	0,15					
		500	0,16					
		550	0,18					
		600	0,19					
		650	0,21					
		700	0,22					
		750	0,24					
4.5	<b>Mauerwerk aus Betonsteinen</b>				5/10			
				LM21/DM <sup>f</sup>		LM36 <sup>f</sup>	NM <sup>f</sup>	
		Hohlblöcke (Hbl) nach DIN V 18151-100, Gruppe 1 <sup>e</sup>		450		0,20	0,21	0,24
				500		0,22	0,23	0,26
		Steinbreite (cm)      Anzahl der Kammerreihen		550		0,23	0,24	0,27
		17,5 - 20,0	≥ 2	600		0,24	0,25	0,29
		24,0	2 - 4	650		0,26	0,27	0,30
		30,0	3 - 5	700		0,28	0,29	0,32
		36,5	4 - 6	800		0,31	0,32	0,35
		42,5	≥ 6	900		0,34	0,36	0,39
		49,0	≥ 6	1000				0,45
				1200				0,53
				1400				0,65
				1600				0,74

Zeile	Stoff	Rohdichte <sup>ab</sup> ρ kg/m <sup>3</sup>	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ W/(m · K)			Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl <sup>c</sup> μ
			LM21/DM <sup>f</sup>	LM36 <sup>f</sup>	NM <sup>f</sup>	
	Hohlblöcke (Hbl) nach DIN V 18151-100 und Hohlwandplatten nach DIN 18148, Gruppe 2	450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400 1600	0,22 0,24 0,26 0,27 0,29 0,30 0,34 0,37	0,23 0,25 0,27 0,28 0,30 0,32 0,36 0,40	0,28 0,30 0,31 0,32 0,34 0,36 0,41 0,46	5/10
	Steinbreite (cm)      Anzahl der Kammerreihen					
	11,5 - 17,5              1					
	24,0                      2					
	30,0                      2					
	36,5                      3					
	42,5                      5					
	49,0                      5					
	Vollblöcke (Vbl,S-W) nach DIN V 18152-100	450 500 550 600 650 700 800 900 1000	0,14 0,15 0,16 0,17 0,18 0,19 0,21 0,25 0,28	0,16 0,17 0,18 0,19 0,20 0,21 0,23 0,26 0,29	0,18 0,20 0,21 0,22 0,23 0,25 0,27 0,30 0,32	5/10
	Vollblöcke (Vbl) und Vbl-S nach DIN V 18152-100 aus Leichtbeton mit anderen leichten Zuschlägen als Naturbims und Blähton	450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400	0,22 0,23 0,24 0,25 0,26 0,27 0,29 0,32 0,34	0,23 0,24 0,25 0,26 0,27 0,28 0,30 0,32 0,35	0,28 0,29 0,30 0,31 0,32 0,33 0,36 0,39 0,42	5/10
		1600 1800 2000			0,62 0,68 0,74	10/15
	Vollsteine (V) nach DIN V 18152-100	450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400	0,21 0,22 0,23 0,24 0,25 0,27 0,30 0,33 0,36	0,22 0,23 0,25 0,26 0,27 0,29 0,32 0,35 0,38	0,31 0,32 0,33 0,34 0,35 0,37 0,40 0,43 0,46	5/10
		1600 1800 2000			0,74 0,87 0,99	15/10
	Mauersteine nach DIN V 18153-100 aus Beton bzw. DIN EN 771-3 in Verbindung mit DIN V 20000-403	800 900 1000 1200			0,60 0,65 0,70 0,80	5/10
		1400 1600 1800 2000 2200 2400			0,90 1,1 1,2 1,4 1,7 2,1	20/30



Zeile	Stoff	Kategorie I		Kategorie II		Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl <sup>c</sup> $\mu$
		Nennwert $\lambda_D$	Bemessungswert $\lambda^i$	Grenzwert $\lambda_{\text{grenz}}^k$	Bemessungswert $\lambda^m$	
<b>5</b>	<b>Wärmedämmstoffe</b>					
<b>5.1</b>	<b>Mineralwolle (MW)</b> nach DIN EN 13162	0,030 0,031 0,032 0,033 0,034 0,035 ⋮ 0,050	0,036 0,037 0,038 0,040 0,041 0,042 ⋮ 0,060	0,0290 0,0299 0,0309 0,0319 0,0329 0,0338 ⋮ 0,0480	0,030 0,031 0,032 0,033 0,034 0,035 ⋮ 0,050	1
<b>5.2</b>	<b>Expandierter Polystyrolschaum (EPS)</b> nach DIN EN 13163	0,030 0,031 0,032 0,033 0,034 0,035 ⋮ 0,050	0,036 0,037 0,038 0,040 0,041 0,042 ⋮ 0,060	0,0290 0,0299 0,0309 0,0319 0,0329 0,0338 ⋮ 0,0480	0,030 0,031 0,032 0,033 0,034 0,035 ⋮ 0,05	20/100
<b>5.3</b>	<b>Extrudierter Polystyrolschaum (XPS)</b> nach DIN EN 13164	0,026 0,027 0,028 0,029 0,030 ⋮ 0,040	0,031 0,032 0,034 0,035 0,036 ⋮ 0,048	0,0252 0,0261 0,0271 0,0280 0,0290 ⋮ 0,0385	0,026 0,027 0,028 0,029 0,030 ⋮ 0,040	80/250
<b>5.4</b>	<b>Polyurethan-Hartschaum (PUR)</b> nach DIN EN 13165 <sup>n</sup>	0,020 0,021 0,022 0,023 0,024 0,025 ⋮ 0,040	0,024 0,025 0,026 0,028 0,029 0,030 ⋮ 0,048	0,0195 0,0204 0,0214 0,0223 0,0233 0,0242 ⋮ 0,0428	0,020 0,021 0,022 0,023 0,024 0,025 ⋮ 0,045	40/200
<b>5.5</b>	<b>Phenolharz-Hartschaum (PF)</b> nach DIN EN 13166	0,020 0,021 0,022 0,023 0,024 0,025 ⋮ 0,035	0,024 0,025 0,026 0,028 0,029 0,030 ⋮ 0,042	0,0195 0,0204 0,0214 0,0223 0,0233 0,0242 ⋮ 0,0338	0,020 0,021 0,022 0,023 0,024 0,025 ⋮ 0,035	10/60
<b>5.6</b>	<b>Schaumglas (CG)</b> nach DIN EN 13167	0,038 0,039 0,040 ⋮ 0,055	0,046 0,047 0,048 ⋮ 0,066	0,0366 0,0375 0,0385 ⋮ 0,0529	0,038 0,039 0,040 ⋮ 0,055	$s_d \geq 1500 \text{ m}$
<b>5.7</b>	<b>Holzwohle-Leichtbauplatten nach DIN EN 13168</b>					
	<b>Holzwohle-Platten (WW)</b>	0,060 0,061 0,062 0,063 0,064 0,065 ⋮ 0,10	0,072 0,073 0,074 0,076 0,077 0,078 ⋮ 0,12	0,0576 0,0585 0,0595 0,0604 0,0614 0,0623 ⋮ 0,0957	0,060 0,061 0,062 0,063 0,064 0,065 ⋮ 0,10	2/5

Zeile	Stoff	Kategorie I		Kategorie II		Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl <sup>c</sup> $\mu$
		Nennwert $\lambda_D$	Bemessungswert $\lambda^i$	Grenzwert $\lambda_{\text{grenz}}^k$	Bemessungswert $\lambda^m$	
<b>Holzwohle-Mehrschichtplatten nach DIN EN 13168 (WW-C)</b>						
	mit expandiertem Polystyrolschaum (EPS) nach DIN EN 13163	0,030 0,031 0,032 0,033 0,034 0,035 ⋮ 0,050	0,036 0,037 0,038 0,040 0,041 0,042 ⋮ 0,060	0,0290 0,0299 0,0309 0,0319 0,0329 0,0338 ⋮ 0,0480	0,030 0,031 0,032 0,033 0,034 0,035 ⋮ 0,050	20/50
	mit Mineralwolle (MW) nach DIN EN 13162	0,030 0,031 0,032 0,033 0,034 0,035 ⋮ 0,050	0,036 0,037 0,038 0,040 0,041 0,042 ⋮ 0,060	0,0290 0,0299 0,0309 0,0319 0,0329 0,0338 ⋮ 0,0480	0,030 0,031 0,032 0,033 0,034 0,035 ⋮ 0,050	1
	Holzwohledeckschicht(en) nach DIN EN 13168	0,010 0,011 0,012 0,013 0,014	0,12 0,13 0,14 0,16 0,17	0,0957 0,1090 0,1190 0,1280 0,1380	0,10 0,11 0,12 0,13 0,14	2/5
<b>5.8</b>	<b>Bläherlit (EPB)</b> nach DIN 13169	0,045 0,046 0,047 ⋮ 0,065	0,054 0,055 0,056 ⋮ 0,078	0,0432 0,0443 0,0452 ⋮ 0,0624	0,045 0,046 0,047 ⋮ 0,065	5
<b>5.9</b>	<b>Expandierter Kork (ICB)</b> nach DIN EN 13170°	0,040 0,041 0,042 0,043 0,044 0,045 ⋮ 0,055	0,049 0,050 0,052 0,053 0,054 0,055 ⋮ 0,067	0,0368 0,0377 0,0386 0,0395 0,0404 0,0413 ⋮ 0,0504	0,040 0,041 0,042 0,043 0,044 0,045 ⋮ 0,055	5/10
<b>5.10</b>	<b>Holzfaserdämmstoff (WF)</b> nach DIN EN 13171°	0,032 0,033 0,034 0,035 ⋮ 0,060	0,039 0,040 0,042 0,043 ⋮ 0,073	0,0303 0,0312 0,0322 0,0331 ⋮ 0,0565	0,032 0,033 0,034 0,035 ⋮ 0,060	5

Zeile	Stoff	Rohdichte <sup>ab</sup> $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl <sup>c</sup> $\mu$
<b>5.11</b>	<b>Schaumkunststoffe, an der Verwendungstelle hergestellt</b>			
	Polyurethan (PUR)-Ortschaum nach DIN 18159-1 (Treibmittel CO <sub>2</sub> ) Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 040	(> 45)	0,035 0,040	30/100
	Harnstoff-Formaldehyd (UF)-Ortschaum nach DIN EN 18159-2 Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 040	(≥ 10)	0,035 0,040	1/3
<b>6</b>	<b>Holz- und Holzwerkstoffe</b>			
<b>6.1</b>	<b>Konstruktionsholz</b>	500 700	0,13 0,18	20/50 50/200

Zeile	Stoff	Rohdichte <sup>ab</sup> $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf- Diffusionswiderstandszahl <sup>c</sup> $\mu$
<b>6.2</b>	<b>Holzwerkstoffe</b>			
	Sperrholz	300 500 700 1000	0,09 0,13 0,17 0,24	50/150 70/200 90/220 110/250
	Zementgebundene Spanplatte	1200	0,23	30/50
	Spanplatte	300 600 900	0,10 0,14 0,18	10/50 15/50 20/50
	OSB-Platten	650	0,13	30/50
	Holzfaserverplatte, MDF-Platte	250 400 600 800	0,07 0,10 0,14 0,18	2/5 5/10 10/12 10/20
<b>7</b>	<b>Beläge, Abdichtstoffe und Abdichtungsbahnen</b>			
<b>7.1</b>	<b>Fußbodenbeläge</b>	<b>siehe DIN EN 12524</b>		
<b>7.2</b>	<b>Abdichtstoffe</b>			
<b>7.3</b>	<b>Dachbahnen, Dachabdichtungsbahnen</b>			
	Bitumendachbahn nach DIN 52128	(1200)	0,17	10000/80000
	Nackte Bitumenbahnen nach DIN 52129	(1200)	0,17	2000/20000
	Glasvlies-Bitumendachbahnen nach DIN 52143	-	0,17	20000/60000
	Kunststoff-Dachbahn nach DIN 16729 (ECB)	-	-	50000/75000 (2,0K) 70000/90000 (2,0)
	Kunststoff-Dachbahn nach DIN 16730 (PVC-P)	-	-	10000/30000
	Kunststoff-Dachbahn nach DIN 16731 (PIB)	-	-	40000/1750000
<b>7.4</b>	<b>Folien</b>	<b>siehe DIN EN 12524</b>		
	PTFE-Folien Dicke $d \geq 0,05$ mm	-	-	10000
	PA-Folie Dicke $d \geq 0,05$ mm	-	-	50000
	PP-Folie Dicke $d \geq 0,05$ mm	-	-	1000
<b>8</b>	<b>Sonstige gebräuchliche Stoffe<sup>e</sup></b>			
<b>8.1</b>	<b>Lose Schüttungen, abgedeckt<sup>h</sup></b>			
	- aus porigen Stoffen: Blähperlith Blähglimmer Korkschröt, expandiert Hüttenbims Blähthon, Blähschiefer Bimskies Schaumlava	( $\leq 100$ ) ( $\leq 100$ ) ( $\leq 200$ ) ( $\leq 600$ ) ( $\leq 400$ ) ( $\leq 1000$ ) ( $\leq 1200$ ) ( $\leq 1500$ )	0,060 0,070 0,055 0,13 0,16 0,19 0,22 0,27	3
	- aus Polystyrolschaumstoff-Partikeln	(815)	0,050	3
	- aus Sand, Kies, Splitt (trocken)	(1800)	0,70	3
<b>8.2</b>	<b>Fliesen</b>	<b>siehe DIN EN 12524</b>		
<b>8.3</b>	<b>Glas</b>			
<b>8.4</b>	<b>Natursteine</b>			

Zeile	Stoff	Rohdichte <sup>ab</sup> ρ kg/m <sup>3</sup>	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ W/(m · K)	Richtwert der Wasserdampf- Diffusionswiderstandszahl <sup>c</sup> μ	
<b>8.5</b>	<b>Lehmbaustoffe</b>	500	0,14	5/10	
		600	0,17		
		700	0,21		
		800	0,25		
		900	0,30		
		1000	0,35		
		1200	0,47		
		1400	0,59		
		1600	0,73		
		1800	0,91		
2000	1,1				
<b>8.6</b>	<b>Böden, naturfeucht</b>	Erdreich - Ton, Schlack, Schlamm	1200-1800	1,5	50/50
		Sand, Kies	1700-2200	2,0	
<b>8.7</b>	<b>Keramik und Glasmosaik</b>	Keramik, Porzellan	2300	1,3	∞
		Natronglas	2500	1,0	
		Quarzglas	2200	1,4	
		Glasmosaik	2000	1,2	
<b>8.8</b>	<b>Metalle</b>	Aluminiumlegierungen	2800	160	∞
		Bronze	8700	65	
		Messing	8400	120	
		Kupfer	8900	380	
		Gusseisen	7500	50	
		Blei	11300	35	
		Stahl	7800	50	
		Nichtrostender Stahl	7900	17	
		Zink	7200	110	
<b>8.9</b>	<b>Gummi</b>	Naturkautschuk	910	0,13	10000
		Neopren	1240	0,23	10000
		Butylkautschuk	1200	0,24	200000
		Schaumgummi	60-80	0,06	7000
		Hartgummi	1200	0,17	∞
		Ethylen-Propylen-Dien	1150	0,25	6000
		Polysobutylkautschuk	930	0,20	10000
		Polysulfid	1700	0,40	10000
		Butadien	980	0,25	100000

- a Die in Klammern angegebenen Rohdichtewerte dienen nur zur Ermittlung der flächenbezogenen Masse, z. B. für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes.
- b Die bei den Steinen genannten Rohdichten entsprechen den Rohdichteklassen der zitierten Stoffnormen.
- c Es ist jeweils der für die Baukonstruktion ungünstigere Wert einzusetzen. Bezüglich der Anwendung der μ-Werte siehe DIN 4108-3.
- d Bei Quarzsand erhöhen sich die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit um 20 %.
- e Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit sind bei Hohlblöcken mit Quarzsandzusatz für 2 K Hbl um 20 % und für 3 K Hbl bis 6 K Hbl um 15 % zu erhöhen.
- f Bezeichnung der Mörtelarten nach DIN 1053-1 : 1996-11:  
- NM - Normalmörtel;  
- LM21 - Leichtmörtel mit  $\lambda = 0,21 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;  
- LM36 - Leichtmörtel mit  $\lambda = 0,36 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;  
- DM - Dünnbettmörtel.
- g Diese Stoffe sind hinsichtlich ihrer wärmeschutztechnischen Eigenschaften nicht genormt. Die angegebenen Wärmeleitfähigkeitswerte stellen obere Grenzwerte dar.
- h Die Dichte wird bei losen Schüttungen als Schüttdichte angegeben.
- i  $\lambda = \lambda_D \cdot 1,2$  (außer für Zeilen 5.9 und 5.10, dort ist zusätzlich die Umrechnung der Feuchte hinzuzurechnen).
- k Der Wert  $\lambda_{\text{grenz}}$  ist im Rahmen der technischen Spezifikationen des jeweiligen Dämmstoffs festzulegen.
- m  $\lambda = \lambda_{\text{grenz}} \cdot 1,05$
- n Bei der Ermittlung von Bemessungswerten nach der Kategorie II darf abweichend wie folgt vorgegangen werden:  
 $\lambda = \lambda_{\text{grenz}} \cdot (1+Z)$ , der Zuschlagswert Z ist nach DIN 4108-4 Anhang C zu ermitteln.
- o Umrechnung der Feuchte ist enthalten.

### 14.3 Historisches Ziegelmauerwerk

Die Werte der Wärmeleitfähigkeit von Ziegelmauerwerk sind seit Bestehen der DIN 4108 normativ geregelt. So enthält die Ausgabe von 1952 Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit für

Ziegelmauerwerk in Abhängigkeit der Steinrohddichte. Die erste Mauerziegelnorm ist im August 1922 veröffentlicht worden. Die aus dieser Zeit stammenden Ziegel hatten gewöhnlich Abmessungen von 25 cm · 12 cm · 6,5 cm, das sog. Reichsmaß. Die Wärmeleitfähigkeit eines so beschaffenen Mauerwerks war normativ noch nicht

beschrieben. Aufzeichnungen verschiedener Autoren weisen eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,6 und 1,1 W/(m · K) auf.

Lochziegel sind in DIN 105 ab Ausgabe 1952 aufgeführt. Damit waren Steinrohddichten bis zu 1200 kg/m<sup>3</sup> möglich.

**Tabelle 14.3: Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit von Ziegelmauerwerk gemäß DIN 4108 im historischen Wandel**

Zeitraum	Typ	Format	Rohddichte ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	Bemessungswert λ [W/(m · K)]	
				NM	LM21/LM36
<b>ab 1952</b> DIN 4108: 1952-7 DIN 4108: 1960-5 DIN 4180: 1969-8	KMz, KK		≥ 1900	1,05	
				0,79	
	KHLz, KHK		1000	0,46	
				0,52	
				0,60	
MZ, HLz		1200	0,79		
			0,52		
			0,60		
<b>ab 1981</b> DIN 4108-4: 1981-8 DIN 4108-4: 1985-12	KMz, KHLz, KK, KHK		1800	0,81	
			2000	0,96	
			2200	1,20	
	MZ, HLz		1200	0,50	
			1400	0,58	
			1600	0,68	
			1800	0,81	
			2000	0,96	
	HLz A+B		700	0,36	0,30
			800	0,39	0,33
			900	0,42	0,36
			1000	0,45	0,39
	HLz W	≥ 238 mm	700	0,30	0,24
			800	0,33	0,27
			900	0,36	0,30
1000			0,39	0,33	
<b>ab 1991</b> DIN 4108-4: 1991-11 DIN 4108-4: 1998-03	KK, KHK		1800	0,81	
			2000	0,96	
			2200	1,20	
	MZ, HLz		1200	0,50	
			1400	0,58	
			1600	0,68	
			1800	0,81	
			2000	0,96	
	HLz A+B		700	0,36	0,30
			800	0,39	0,33
			900	0,42	0,36
			1000	0,45	0,39
	HLz W	≥ 238 mm	700	0,30	0,24
			800	0,33	0,27
			900	0,36	0,30
1000			0,39	0,33	
<b>ab 2002</b> DIN 4108-4: 2002-02 DIN 4108-4: 2003-06 DIN 4108-4: 2004-07	siehe DIN 4108-4 : 2013-02 bzw. Tabelle 14.2, Abschnitt 4.1				

KMz, KHLz = Klinker; KK, KHK = Keramikklinker; MZ = Vollziegel; HLz = Hochlochziegel



Die Anordnung in Wanddickenrichtung versetzter Stege zur Verringerung der Wärmeleitfähigkeit ist dort erstmalig beschrieben. Porosierte Lochziegel sind ab etwa 1970 auf dem Markt angeboten worden. In Verbindung mit den Steinlochungen waren Rohdichten bis zu 600 kg/m<sup>3</sup> möglich. Eine weitere

Absenkung der Wärmeleitfähigkeit von Ziegelmauerwerk resultierte aus der Entwicklung von wärmedämmenden Leichtmörteln (LM) und die mörtellose Stoßfuge mit Verzahnung. Am vorläufigen Ende der Entwicklungsskala steht die Einführung der Dünnbettlagerfuge (DBM) etwa 1985, die bei in Steinhöhe

plan geschliffenen Ziegeln zu einer weiteren Verringerung der Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitiger Verbesserung der Druckfestigkeiten des Mauerwerks und schnellerer Verarbeitbarkeit führte. Die Wärmeleitfähigkeit dieser Produkte ist in der Regel den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen.

**Tabelle 14.4: Wärmedurchgangskoeffizienten von historischem Ziegelmauerwerk gemäß DIN EN ISO 6946**

Zeitraum	Typ	Rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$U_{MW}^1$ [W/(m <sup>2</sup> · K)]			
			Normalmörtel in cm		Leichtmörtel in cm	
			d = 24,0	d = 36,5	d = 24,0	d = 36,5
<b>ab 1952</b> DIN 4108: 1952-7 DIN 4108: 1960-5 DIN 4108: 1969-8	KMz, KK	$\geq 1900$	2,32	1,82		
	KHLz, KHK	$\geq 1900$	1,98	1,51		
	MZ, HLz	1000	1,38	1,00		
		1200	1,51	1,11		
		1400	1,66	1,23		
1800		1,98	1,51			
<b>ab 1981</b> DIN 4108-4: 1981-8 DIN 4108-4: 1985-12	KMz, KHLz, KK, KHK	1800	2,01	1,53		
		2000	2,21	1,72		
		2200	2,49	1,98		
	MZ, HLz	1200	1,47	1,07		
		1400	1,62	1,20		
		1600	1,80	1,35		
		1800	2,01	1,53		
		2000	2,21	1,72		
	HLz A+B	700	1,15	0,82	1,00	0,70
		800	1,22	0,88	1,08	0,76
		900	1,29	0,93	1,15	0,82
		1000	1,36	0,99	1,22	0,88
	HLz W	700	1,00	0,70	0,83	0,58
		800	1,08	0,76	0,92	0,64
		900	1,15	0,82	1,00	0,70
1000		1,22	0,88	1,08	0,76	
<b>ab 1991</b> DIN 4108-4: 1991-11 DIN 4108-4: 1998-03	KK, KHK	1800	2,01	1,53		
		2000	2,21	1,72		
		2200	2,49	1,98		
	MZ, HLz	1200	1,47	1,07		
		1400	1,62	1,20		
		1600	1,80	1,35		
		1800	2,01	1,53		
		2000	2,21	1,72		
	HLz A+B	700	1,15	0,82	1,00	0,70
		800	1,22	0,88	1,08	0,76
		900	1,29	0,93	1,15	0,82
		1000	1,36	0,99	1,22	0,88
	HLz W	700	1,00	0,70	0,83	0,58
		800	1,08	0,76	0,92	0,64
		900	1,15	0,82	1,00	0,70
1000		1,22	0,88	1,08	0,76	
<b>ab 2002</b> DIN 4108-4: 2002-02 DIN 4108-4: 2004-07 DIN 4108-4: 2007-06 DIN 4108-4: 2013-02	MZ, HLz, KK KHK	1200	1,47	1,07		
		1400	1,62	1,20		
		1600	1,80	1,35		
		1800	2,01	1,53		
		2000	2,21	1,72		
		2200	2,49	1,96		
		2400	2,68	2,16		

Zeitraum	Typ	Rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$U_{MW}^1$ [W/(m <sup>2</sup> · K)]			
			Normalmörtel in cm		Leichtmörtel in cm	
			d = 24,0	d = 36,5	d = 24,0	d = 36,5
	HLz A+B	550	1,05	0,74	0,92	0,64
		600	1,08	0,76	0,94	0,66
		650	1,13	0,80	1,00	0,70
		700	1,15	0,82	1,02	0,72
		750	1,20	0,86	1,08	0,76
		800	1,22	0,88	1,10	0,78
		850	1,27	0,92	1,15	0,82
		900	1,29	0,93	1,18	0,84
		950	1,34	0,97	1,20	0,86
		1000	1,36	0,99	1,25	0,90
		HLz W	550	0,77	0,53	0,68
	600		0,80	0,56	0,71	0,49
	650		0,80	0,56	0,71	0,49
	700		0,83	0,58	0,74	0,52
	750		0,86	0,60	0,77	0,54
	800		0,89	0,62	0,80	0,56
	850		0,89	0,62	0,80	0,56
	900		0,92	0,64	0,83	0,58
	950	0,94	0,66	0,86	0,60	
1000	0,97	0,68	0,89	0,62		

<sup>1</sup> Berücksichtigte Putzflächen: Außen: 15 mm Kalkzement-Putz; Innen: 12 mm Gipsputz

KMz, KHLz = Klinker; KK, KHK = Keramikklinker; MZ = Vollziegel; HLz = Hochlochziegel

## 15 Literatur

### 15.1 Normen und Regelwerke

- [R1] Bundesregierung: Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 18. November 2013, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2013, Teil I, Nr. 67, Seite 3951 ff., Bonn
- [R2] DIN 4108-1: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 1: Größen und Einheiten, Ausgabe August 1981, Beuth Verlag, Berlin
- [R3] DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Ausgabe Februar 2013, Beuth Verlag, Berlin
- [R4] DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, Ausgabe Juli 2001, Beuth Verlag, Berlin
- [R5] DIN 4108-4: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte, Ausgabe Februar 2013, Beuth Verlag, Berlin
- [R6] DIN 4108-8: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden, Ausgabe Sept. 2010, Beuth Verlag, Berlin
- [R7] DIN V 4108-6: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfs, Ausgabe Juni 2003, Beuth Verlag, Berlin
- [R8] DIN 4108-7: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen – Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele, Ausgabe Januar 2011, Beuth Verlag, Berlin
- [R10] DIN 4108, Beiblatt 2: Wärmeschutz im Hochbau, Beiblatt 2, Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele, Ausgabe März 2006, Beuth-Verlag, Berlin
- [R11] DIN V 4701-10: Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, Ausgabe August 2003, Beuth Verlag, Berlin
- [R12] DIN V 4701-10, Beiblatt 1: Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen – Teil 10: Diagramme und Planungshilfen für ausgewählte Anlagensysteme mit Standardkomponenten, Ausgabe Februar 2007, Beuth Verlag, Berlin
- [R13] DIN EN 832: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs; Wohngebäude, Ausgabe April 2008, Beuth Verlag, Berlin (zurück gezogen)
- [R14] DIN EN ISO 13370: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren, Ausgabe April 2008, Beuth Verlag, Berlin
- [R15] DIN EN ISO 6946: Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren, Ausgabe April 2008, Beuth Verlag, Berlin

- [R16] DIN EN ISO 10456: Baustoffe und -produkte. Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften. Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte, Ausgabe Mai 2010, Beuth Verlag, Berlin
- [R17] DIN EN ISO 10077-1: Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines, Ausgabe Mai 2010, Beuth Verlag, Berlin
- [R18] DIN EN ISO 13789: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient – Berechnungsverfahren, Ausgabe April 2008, Beuth Verlag, Berlin
- [R19] DIN EN ISO 10211: Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen, Ausgabe April 2008, Beuth Verlag, Berlin
- [R20] DIN 1946-6: Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung, Ausgabe Mai 2009, Beuth Verlag, Berlin
- [R21] DIN EN 13829: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren, Ausgabe Februar 2001, Beuth Verlag, Berlin
- [R22] VDI 3807: Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude – Grundlagen, Blatt 1, Technische Regel März 2007, Beuth Verlag, Berlin
- [R23] Bundesregierung: Viertes Gesetz zur Änderung des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013, Teil I, Nr. 36, 12. Juli 2013, Bonn
- [R24] Bundesregierung: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz – EEWärmeG), Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2008, Teil I, Nr. 36, 18. August 2008, Bonn
- [R25] DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teile 1-11, Dezember 2011, Beuth Verlag, Berlin
- [R26] DIN 18195: Bauwerksabdichtungen, Teile 1-10 und Beiblatt 1, Beuth Verlag, Berlin
- [R27] BMWi/BMUB Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Bestand, Ausgabe April 2015
- [R28] EU-Kommission: Europäische Richtlinie 2010/31/EU Performance of Building Directive (EPBD), Ausgabe Juli 2010
- [L6] Leonhardt, H.; Kießl, K.; Gertis, K.: Hybride transparente Wärmedämmung – Thermische und energetische Freilanduntersuchungen an Wandelementen mit solarenergieabhängiger Steuerung, Bericht REB 1/1997 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Holzkirchen, 1997
- [L8] Erhorn, H.; Reiß, J.; Stricker, R.: Heizeregieeinsparung durch passive und hybride Solarenergiesysteme im Mehrfamilienwohnungsbau, gi Gesundheitsingenieur 113, 1992, Heft 5, S. 243-254
- [L9] Erhorn, H.: Fördert oder schadet die europäische Normung der Niedrigenergiebauweise in Deutschland? gi 119, 1998, Heft 5
- [L10] Gierga, M.; Erhorn, H.: Niedrigenergiehäuser im Mauerwerksbau, Mauerwerk-Kalender 2001
- [L11] Reiß, J.; Erhorn, H.: Effizienz von Solar-, Lüftungs- und Heizsystemen im Mietwohnungsbau – Messergebnisse und rechnerische Analyse, gi Gesundheitsingenieur 116, 1995, Heft 5
- [L12] Reiß, J.; Erhorn, H.: Mehrfamilien-Niedrigenergiehaus Mannheim, WB 81/1995, Bericht des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart, 1995
- [L13] Recknagel, Sprenger, Schramek: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, Ausgabe 97/98, Oldenbourg Verlag, München, 1997
- [L14] RWE Energie (Hrsg.): RWE Energie Bau-Handbuch, 11. Ausgabe, Energie-Verlag, Heidelberg, 1993
- [L15] Schüle, R. et al.: Thermische Solaranlagen – Marktübersicht, Ökobuch Verlag, Staufen, 1997
- [L16] Baldau, Horch: Anpassen der Wohnungsbelüftung an die veränderten Bedingungen, Stadt und Gebäudetechnik, 1996, Heft 5, S. 233-249

## 15.2 Fachliteratur

- [L1] Römmling, U.; Maas, A.; Lorenz, G.; Vogler, I.: Evaluierung der Wärmeschutzverordnung 1995, Endbericht 2-47/1998, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e. V. an der TU Berlin, Berlin, 1998
- [L2] Deutscher Bundestag: III. Bau-schadensbericht, Ausgabe 3/1996, Drucksache 13/3593, Bonn
- [L3] Reiß, J.; Erhorn, H.: Niedrigenergiehäuser Heidenheim, Abschlussbericht WB 75/1994 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart, 1994
- [L4] Kluttig, H.; Erhorn, H.: Niedrigenergiehäuser in Ziegelbauweise, WB 100/1998, Bericht des Fraunhofer Instituts für Bauphysik, Stuttgart, 1998
- [L5] Lindauer, E.; Kießl, K.; Gertis, K.: Einfluss der Absorption von Sonnenstrahlung auf die Transmissionswärmeverluste von

- [L17] Hartmann, T.; Oschatz, B.; Richter, W.: Energieeinsparung durch Wohnungslüftungsanlagen?, Ki 34, 1998, Heft 12, S. 562-568
- [L18] Wolff, D. et al.: Energiesparverordnung und DIN 4701-10: Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen, gi Gesundheitsingenieur 118, 1997, Heft 4, S. 183-189
- [L19] Achtziger, J.; Bruus-Jensen, T.: Der Wärmebrückeneinfluss mechanischer Befestigungssysteme bei wärmedämmten Außenbauteilen, Schlussbericht des Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V., München, 1996
- [L20] Palecki, S.; Wehling, M.: Beispiele zur U-Wert-Berechnung nach der neuen Norm DIN EN ISO 6946, Bauphysik 23, 2002, Heft 5, S. 298-303
- [L21] Höttges, K.: U-Wert-Berechnung von Bauteilen mit nebeneinander liegenden Bereichen, Bauphysik 22, 2000, Heft 2, S. 121-123
- [L22] Froelich, H.; Hegner, H.-D.: Rollladenkästen nach Energieeinsparverordnung – alles im Lot? Bauphysik 25, 2003, Heft 4, S. 225-230
- [L23] Gierga, M.: Die Energieeinsparverordnung 2009 und die Nachfrage nach neuartigen Ziegeln, Mauerwerk 12, 2008, Heft 5
- [L24] Erhorn, H.; Reiß, J.: Lüftungsverhalten in Wohnungen, EnEV aktuell, Heft II, 2010, Beuth Verlag, Berlin
- [L25] Gierga, M.; Schneiderhan, T.: Ausführung und bauphysikalische Belange von zweischaligen Haustrennwänden, Mauerwerk 18, 2014, Heft 2, Verlag Ernst und Sohn, Berlin

### 15.3 Weiterführende Literatur

- Schettler-Köhler, H.-P.: Die neue Energieeinsparverordnung – Erläuterungen, Änderungen, Rechtstexte, 2., vollständig überarbeitete Auflage, Beuth, 2014
- Hegner, H.-D.; Vogler, I.: Energieeinsparverordnung EnEV – für die Praxis kommentiert, Verlag Ernst und Sohn, Berlin, Mai 2002
- Wirtschaftsministerium B.-W. (Hrsg.): Energie- und kostensparende Wohngebäude in Schopfheim, Broschüre, Stuttgart, 1995
- Eicke-Hennig, W.: Erfahrungen mit dem NEH-Förderprogramm in Hessen, IBK Bau Fachtagung 212, Darmstadt, 1996
- Geißler, A.; Hauser, G.: Untersuchung der Luftdichtheit von Holzhäusern, AIF-Forschungsvorhaben Nr. 9579, IRB Stuttgart, T 2717, Stuttgart, 1996
- Stadtwerke Hannover (Hrsg.): Demonstrationsprogramm Niedrigenergiehäuser (Zwischenbericht)
- Feist, W. (Hrsg.): Das Niedrigenergiehaus, Neuer Standard für energiebewusstes Bauen, 4. Auflage, C. F. Müller Verlag, Heidelberg, 1997
- Gruber, E.; Erhorn, H.; Reichert, J.: Chancen und Risiken der Solararchitektur „Solarhäuser Landstuhl“, Verlag TÜV-Rheinland, Köln, 1989
- Scharping, H.: Niedrig-Energiehäuser in der Praxis, Bine Informationsdienst, Hrsg. Fachinformationszentrum Karlsruhe, Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1997
- Erhorn, H.; Gierga, M.; Reiß, J.; Volle, U.: Niedrig-Energie-Häuser, Zielsetzung – Konzepte – Entwicklung – Realisierung – Erkenntnisse, Broschüre des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart, 1994
- Gierga, M.; Hoffman, W.: Niedrig-Energie-Haus – Niedrigenergiehäuser aus Ziegeln, Broschüre der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e. V., Bonn, 1998
- Schmidt, Rolf: Welche Heizung braucht das Haus? Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2008

### 16 Führer durch die Normung

---

Dieses Kapitel enthält Hinweise zu den wichtigsten, im Rahmen der EnEV-Nachweisführung zu verwendenden Normen. Einige der hier zitierten Normen befinden sich im Entwicklungsstadium und werden daher sicherlich in nächster Zeit überarbeitet. Es ist daher wichtig, die Aktualität dieser Papiere zu hinterfragen. Jede Norm ist daher mit ihrem Erscheinungsdatum gekennzeichnet. DIN Normen und VDI Richtlinien können beim Beuth Verlag, Berlin erworben werden.

#### **DIN EN 832: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude: 2003-06**

Basisnorm zur DIN V 4108-6, zusätzlich mit Aussagen zur Genauigkeit des Verfahrens und Fehlerabschätzung (zurück gezogen).

#### **DIN 1946-6: Raumlüftung Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung: 2009-05**

Bemessung und Ausführung von Lüftungsmaßnahmen in Wohnungen.

#### **DIN 4108-1: Wärmeschutz im Hochbau, Größen und Einheiten: 1981-08**

Wird zurückgezogen und durch europäische Normen DIN EN ISO 7354 und DIN EN ISO 9346 ersetzt.

#### **DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz: 2013-02**

Tabellierte Werte von minimalen Wärmedurchlasswiderständen von Bauteilen, Anforderungen an Wärmebrücken zur Vermeidung von Tauwasser und Schimmelpilzbildung, Anforderungen und Nachweisführung zum sommerlichen Wärmeschutz, (Ergänzung A1).

#### **DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Klimabedingter Feuchteschutz,**

### **Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung: 2014-11**

Rechenverfahren zur Dampfdiffusion, Schlagregenschutz.

### **DIN 4108-4: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte: 2013-02**

Tabellierte Bemessungswerte genormter Baustoffe für wärmeschutztechnische Berechnungen, weiterführende Angaben in DIN EN 12524.

### **DIN V 4108-6: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfs: 2003-06**

Rechenprozedur und Randbedingungen zum EnEV-Nachweisverfahren zur Bestimmung des Jahresheizwärmebedarfs.

### **DIN 4108-7: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Luftdichtheit von Gebäuden – Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele: 2011-01**

Zeichnerische Darstellung luftdichter Bauteilanschlüsse und Empfehlung von Materialien, Definition und Anforderung an Luftwechselzahl bei Dichtheitsprüfung.

### **DIN 4108-10: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe: 2015-12**

Definition und tabellierte Kurzzeichen zu Anwendungsbereichen von Wärmedämmstoffen.

### **DIN 4108, Beiblatt 2: Wärmeschutz im Hochbau, Beiblatt 2, Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele: 2006-03**

Zeichnerische Darstellung wärmebrückenarmer Anschlussdetails zur Inanspruchnahme eines reduzierten Wärmebrückenzuschlags im EnEV-Nachweisverfahren.

### **DIN V 4701-10: Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen, Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung: 2003-08**

Rechenverfahren zur Bewertung von Anlagentechniken im Wohnungsbau, tabellierte Kennwerte von Standardkomponenten für Heizung, Lüftung und Trinkwassererwärmung.

### **DIN SPEC 4701-10: Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung: 2012-07**

Änderung der Primärenergiefaktoren.

### **DIN EN ISO 6946: Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren: 2008-04**

Ersetzt teilweise DIN 4108-5 und regelt die Berechnung von Wärmedurchgangskoeffizienten nicht transparenter Bauteile, auch mit Luftschichten und aus zusammengesetzten Querschnitten.

### **DIN EN ISO 10077-1: Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Allgemeines: 2010-05**

Bemessung von Gläsern, Fensterrahmen, Abstandhaltern und Zusatzelementen über die DIN 4108-4 hinaus.

### **DIN EN ISO 10211: Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen, Detaillierte Berechnungen: 2008-04**

Beschreibung allgemeiner Rechenverfahren zur numerischen Berechnung von zwei- und dreidimensionalen Wärmebrücken.

### **DIN EN ISO 10456: Baustoffe und Bauprodukte, Wärme und feuchte-technische Eigenschaften, Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte: 2010-05**

Bemessungsverfahren und tabellierte Werte üblicher Baustoffe über die DIN 4108-4 hinaus.

### **DIN EN ISO 13370: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren: 2008-04**

Ausführliche Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten erdreichberührter Bauteile unter Berücksichtigung instationärer Temperatureffekte.

### **DIN EN ISO 13789: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren: 2008-04**

Rechenprozedur zur Bestimmung des Transmissionswärmeverlustkoeffizienten an Außenluft und an unbeheizte bzw. niedrig temperierte Räume.

### **DIN EN ISO 9972:2015-12 [NEU]: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden**

Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren (ISO 9972:2015); Deutsche Fassung EN ISO 9972:2015.

### **DIN EN ISO 14683: Wärmebrücken im Hochbau – Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient – Vereinfachtes Verfahren und Anhaltswerte: 2008-04**

Beschreibung und Bewertung von zweidimensionalen Wärmebrücken.

## **17 Glossar**

### **Abluft**

Die aus dem Raum abströmende Luft.

### **Außenluft**

Die aus dem Freien über eine Lüftungsanlage angesaugte Luft (auch Frischluft genannt).

### **Niedrigstenergiehaus**

Gemäß Richtlinie des EU-Parlaments ein Gebäude, das eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der sehr geringe Energiebedarf soll zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden.

### **Energieträger**

Bei fossilen Energieträgern die Art des Brennstoffs oder der elektrische Strom zum Betreiben eines Wärmeerzeugers bzw. von Hilfsaggregaten.

### **Energieverbrauch**

Am Energiezähler gemessene Endenergiemenge, die individuellem Verbrauchsverhalten und z. B. den Klimabedingungen des Abrechnungszeitraums folgt.

### **Erdwärmetauscher**

Vorerwärmung der Zuluft einer Lüftungsanlage über ein im Erdreich verlegtes Rohrleitungsnetz mit Kondensatsabscheider.



### Fensterlüftung

Über das Öffnen der Fenster erfolgt eine freie Lüftung in Abhängigkeit der Windanströmung und des Auftriebs durch Lufttemperaturunterschiede.

### Fortluft

Die ins Freie über eine Lüftungsanlage abgeblasene Luft.

### Photovoltaik

Nutzung der Sonnenstrahlung zur Erzeugung von elektrischem Strom aus Photovoltaikzellen.

### Heizwärmebedarf (jährlicher)

Rechnerische Wärmemenge (absolut oder flächenbezogen), die einem Raum oder einer Zone über die Heizflächen zugeführt werden muss, um die gewünschten Raumtemperaturen unter bestimmten Nutzungs- und Klimabedingungen zu gewährleisten [kWh/a oder kWh/(m<sup>2</sup> · a)].

### Heizenergiebedarf

Rechnerischer Endenergiebedarf zur Erzeugung von Heizwärme unter Berücksichtigung normierter Nutzungs- und Klimarandbedingungen und der Effizienz der verwendeten Anlagenkomponenten.

### Heizlast

Wärmeleistung, die ein Heizerzeuger in Abhängigkeit der Wärmeverluste zum Erreichen einer gewünschten Raumtemperatur aufbringen muss [W].

### Infiltration

Durch Konstruktionsfugen und Fehlstellen der Gebäudehülle hindurchgehende unkontrollierbare Luftströme.

### Isothermen

Linien gleicher Temperatur in Bauteilschichten oder auf Bauteiloberflächen.

### Konvektion

Wärmetransport über erzwungene oder freie Luftströmungen an Oberflächen.

### Luftdichtheit

Eine luftdichte Gebäudehülle wird zur Vermeidung unkontrollierter Infiltrationsluftwechsel und eines konvektiven Feuchtedurchgangs durch die Konstruktion nach DIN 4108-7 gefordert.

### Luftwechselzahl

Gibt an, wie häufig das Luftvolumen einer Zone innerhalb einer Stunde über freie oder maschinelle Lüftung ausgetauscht wird [h<sup>-1</sup>].

### Primärenergie

Rechnerische Energiemenge, die über den Endenergiebedarf hinaus deren vorgelagerte, nicht erneuerbare Prozessenergie zu Gewinnung, Transport und Veredelung berücksichtigt.

### Raumklimagerät

Elektrische Maschine (meist Hubkolbenverdichter) zur Verringerung des Temperaturniveaus der Raumluft durch Wärmeaustausch am Verdampfer und Verdichtung eines Kältemittels im zur Außenluft angeordneten Verflüssiger oder Kondensator (vgl. Wärmepumpe).

### Referenzgebäude

Spiegelbild des real geplanten Gebäudes mit einer standardisierten Bauausführung und Anlagentechnik gemäß EnEV-Vorgabe zur Festlegung des zulässigen Primärenergiebedarfs.

### Sole

Wasser-Glykol-Gemisch zur Wärmeübertragung im geschlossenen Kreislauf einer Wärmepumpe mit Erdreich als Wärmequelle.

### Solarthermie

Nutzung der thermischen Energie der Solarstrahlung, z. B. über Solarkollektoren zur Wassererwärmung.

### Transmissionswärmeverlust

Wärmestrom durch die wärmetauschende Gebäudehülle als Produkt aus Wärmedurchgangskoeffizient U und Bauteilfläche A [W/K]. Kann auch auf die Hüllfläche bezogen sein [H<sub>T</sub>] [W/(m<sup>2</sup> · K)].

### Volumenstrom

Volumentransport eines flüssigen oder gasförmigen Mediums pro Zeiteinheit.

### Wärmedurchgangskoeffizient U

Der U-Wert gibt den Wärmestrom an, der durch 1 m<sup>2</sup> Bauteilfläche bei 1 K Temperaturdifferenz der angrenzenden Lufttemperaturen fließt [W/(m<sup>2</sup> · K)]. Je niedriger der U-Wert, desto höher die Wärmedämmung.

### Wärmedurchlasswiderstand

Der Widerstand, den die Bauteilschichten mit 1 m<sup>2</sup> Bauteilfläche dem Wärmestrom bei 1 K Temperaturdifferenz zwischen deren Oberflächen entgegensetzen. Kehrwert des U-Wertes ohne die Wärmeübergangswiderstände zwischen Oberflächen und Umgebungsluft [(m<sup>2</sup> · K)/W].

### Wärmeleitfähigkeit λ

Wärmestrom in Watt, der durch eine 1 m<sup>2</sup> große Schicht mit 1 m Dicke hindurchgeht, wenn die Temperaturdifferenz zwischen den Oberflächen 1 K beträgt [W/(m · K)].

### Wärmepumpe

Elektrische Maschine (meist Hubkolbenverdichter) zur Erhöhung des Temperaturniveaus der Wärmequelle (Erdreich, Grundwasser, Außenluft) mit Expansion am Verdampfer und Verdichtung eines Kältemittels im raumseitigen Verflüssiger/Kondensator.

### Wärmetauscher

Übertragung von Wärmeenergie eines warmen, flüssigen oder gasförmigen Mediums auf ein kälteres Medium, auch Wärmeübertrager (WÜT) genannt).

### Zuluft

Die dem Raum zugeführte Luft über Fenster oder mechanische Lüftungsanlage.

## 18 Stichwortverzeichnis

<b>Abminderungsfaktor (Solarstrahlung)</b>	8	<b>Jahresnutzungsgrad (Heizkessel)</b>	12	<b>Temperatur-Korrekturfaktor</b>	7
<b>Anforderungen (EnEV)</b>	40	<b>Kellerwände</b>	29	<b>Thermische Solaranlagen</b>	37
<b>Anlagenluftwechsel</b>	14	<b>KfW-Effizienzhaus</b>	50	<b>Transmissionswärmeverlust</b>	3,12
<b>Ausnutzungsgrad (der Gewinne)</b>	9,12,16	<b>Klimadaten</b>	10	<b>Transparente Wärme-</b>	15
<b>Aufwandszahl</b>	10,35	<b>Klimaeinfluss</b>	38	<b>dämmung (TWD)</b>	15
<b>Außenwände</b>	8,20	<b>Kühlenergie</b>	40	<b>Trinkwarmwasserbedarf</b>	6,9
<b>Bestandwohngebäude</b>	6,46,55	<b>Langwellige Abstrahlung</b>	15	<b>Übergabeverluste</b>	39
<b>Bemessungswert der Wärme-</b>		<b>Leichte Gebäude/Bauart</b>	16	<b>Umkehrdach</b>	20
<b>leitfähigkeit</b>	18	<b>Lüftungswärmeverlust</b>	14	<b>Verordnungstext</b>	6
<b>Biomassenerzeuger</b>	40	<b>Luftdichtheit</b>	32,33	<b>Verschattung</b>	8,15
<b>Bodenplatten</b>	29	<b>Luftdichtheitskonzept</b>	34	<b>Verteilverluste</b>	12
<b>Brennwertnutzung</b>	38	<b>Luftdichtheitschicht</b>	30,34	<b>Wärmebrücken</b>	30
<b>Brennwert-Heizanlage</b>	36	<b>Luftschicht (stehend, belüftet)</b>	19	<b>Wärmebrückendetails</b>	43
<b>Bruttovolumen</b>	14,41	<b>Luftwechselzahl</b>	7	<b>Wärmedurchgangskoeffizient</b>	3,18
<b>Dächer</b>	27	<b>Mechanische Lüftungsanlagen</b>	37	<b>Wärmedurchlasswiderstand</b>	10,62
<b>Decken</b>	29	<b>Mindestwärmeschutz</b>	61	<b>Wärmegewinne</b>	8,14
<b>Dichtheitsprüfung</b>	7,42	<b>Monatsbilanz(verfahren)</b>	16	<b>Wärmegewinn-/Verlustverhältnis</b>	16
<b>DIN-Normen</b>	77	<b>Nachtabsenkung</b>	16	<b>Wärmeleitfähigkeit</b>	20,22,73
<b>Drahtanker</b>	22,32	<b>Nettovolumen</b>	33	<b>Wärmepumpe</b>	35
<b>Elektrische Trinkwassererwärmung</b>	36	<b>Normen</b>	75	<b>Wärmerückgewinnung</b>	18,35
<b>Energieausweis</b>	46	<b>Nutzereinfluss</b>	10	<b>Wärmespeicherfähigkeit</b>	6,64
<b>Energieeinspargesetz (EnEG)</b>	3	<b>Nutzfläche</b>	14	<b>Wärmestrom(verlauf)</b>	13,19
<b>Energiebedarf</b>	3	<b>Opake Bauteile</b>	15	<b>Wärmeübergangswiderstand</b>	19
<b>Energieverbrauch</b>	4	<b>Passive Solarenergienutzung</b>	62	<b>Wärmeübertragende Umfassungs-</b>	
<b>Energiebilanz</b>	6,55	<b>Perimeterdämmung</b>	20	<b>fläche</b>	7
<b>Endenergie</b>	6,10	<b>Pellets</b>	33	<b>Wärmeverluste</b>	7,12
<b>Erdberührte Bauteile</b>	12	<b>Primärenergiebedarf</b>	10	<b>Wetterdaten</b>	11
<b>Fenster</b>	11,20	<b>Primärenergiefaktor</b>	10	<b>Wirksame Wärmespeicher-</b>	54
<b>Fensterflächenanteil</b>	15,51	<b>Primärenergie-Aufwandszahl</b>	35,40	<b>fähigkeit</b>	2
<b>Flächenheizungen</b>	12,13	<b>Rahmenanteil</b>	15	<b>Wirtschaftlichkeitsgebot</b>	38,55
<b>Fossile Brennstoffe</b>	39	<b>Raum(luft)temperatur</b>	11	<b>Wohnfläche</b>	
<b>Gesamtenergiedurchlassgrad</b>	8,26	<b>Referenzgebäude</b>	42	<b>Zeitkonstante einschalig</b>	16
<b>Gebäudenutzfläche</b>	40,53,55	<b>Regenerative Energien</b>	9,37	<b>Ziegelwände</b>	21
<b>Glasvorbauten (unbeheizt)</b>	51	<b>Rolläden</b>	25,53	<b>Zirkulation (Trinkwasser)</b>	36
<b>Heizwärmebedarf</b>	6,9	<b>Schwere Gebäude/Bauart</b>	16	<b>Zulassungsziegel</b>	21
<b>Heizenergiebedarf</b>	9	<b>Solarabsorption</b>	8	<b>Zusatzgedämmte Außenwände</b>	23
<b>Heizgradtagszahl</b>	11	<b>Solare Gewinne</b>	9	<b>Zweischalige Außenwände</b>	22
<b>Heizkörpernische</b>	55	<b>Solarstrahlung</b>	8,15		
<b>Heizunterbrechung</b>	16	<b>Sommerliche Klimaregionen</b>	51		
<b>Hilfsenergie (elektrisch)</b>	3,40	<b>Sommerlicher Wärmeschutz</b>	44,54		
<b>Historisches Ziegelmauerwerk</b>	73	<b>Sonneneintragskennwert</b>	44,54		
<b>Innenwände</b>	24	<b>Sonnenschutzvorrichtungen</b>	54		
<b>Interne Gewinne</b>	9	<b>Speicherverluste</b>	39		
		<b>Stillstandsverluste</b>	39		
		<b>Strangschema (Heizanlage)</b>	36		

## 19 Hinweise zu Energieausweisen

### 19.1 Grundsätze des Energieausweises

Der Nachweisführende hat Energieausweise nach § 16 [R1] auf der Grundlage des berechneten Energiebedarfs (Energiebedarfsausweis) oder des erfassten Energieverbrauchs (Energieverbrauchsausweis) nach Maßgabe der Absätze 2 bis 6 sowie der § 18 und 19 auszustellen. Es ist zulässig, sowohl den Energiebedarf als auch den Energieverbrauch anzugeben.

Energieausweise dürfen in den Fällen des § 16, Absatz 1 nur auf der Grundlage des Energiebedarfs ausgestellt werden. In den Fällen des § 16, Absatz 2 sind ab dem 1. Oktober 2008 Energieausweise für Wohngebäude, die weniger als fünf Wohnungen haben und für die der Bauantrag vor dem 1. November 1977 gestellt worden ist, auf der Grundlage des Energiebedarfs auszustellen. Satz 2 gilt nicht, wenn das Wohngebäude

- schon bei der Baufertigstellung das Anforderungsniveau der Wärmeschutzverordnung vom 11. August 1977 (BGBl. I S. 1554) eingehalten hat oder
- durch spätere Änderungen mindestens auf das in Nummer 1 bezeichnete Anforderungsniveau gebracht worden ist.

Für derartige Wohngebäude dürfen Energieausweise auf der Grundlage des erfassten Verbrauchs gemäß § 19 ausgestellt werden.

### 19.2 Ausstellung auf Grundlage des Energiebedarfs

Werden Energieausweise für zu errichtende Gebäude auf der Grundlage des berechneten Energiebedarfs ausgestellt, sind die Ergebnisse der nach den §§ 3 bis 5 erforderlichen Berechnungen zugrunde zu legen. Die Ergebnisse sind in den Energieausweisen anzugeben, soweit ihre Angabe für Energiebedarfswerte in den Mustern der Anlagen 6 - 8 vorgesehen ist. In den Fällen des § 3, Absatz 5, Satz 3 sind die Kennwerte zu verwenden, die in den Bekanntmachungen nach § 3, Absatz 5, Satz 1 der jeweils zutreffenden Ausstattungsvariante zugewiesen sind. Werden Energieausweise für bestehende Gebäude auf der Grundlage des berechneten Energiebedarfs ausgestellt, ist auf die erforderlichen Berechnungen § 9, Absatz 2 anzuwenden. Die Ergebnisse sind in den Energieausweisen anzugeben, soweit ihre Angabe für Energiebedarfswerte in den Mustern der Anlagen 6 bis 8 vorgesehen ist.

Hinweise für die Ausstellung von Energieausweisen auf Grundlage des Energieverbrauchs können § 19 der Energieeinsparverordnung [R1] entnommen werden.

# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom <sup>1</sup> 18.11.2013


Gültig bis:

Registriernummer <sup>2</sup>

(oder: „Registriernummer wurde beantragt am...“)

1

## Gebäude

Gebäudetyp	Einfamilienhaus - Kapitel 10		
Adresse	12345 Ort		
Gebäudeteil			
Baujahr Gebäude <sup>3</sup>	2016		
Baujahr Wärmeerzeuger <sup>3, 4</sup>	2016		
Anzahl Wohnungen	1		
Gebäudenutzfläche (A <sub>N</sub> )	347,7 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> nach § 19 EnEV aus der Wohnfläche ermittelt	
Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser <sup>3</sup>	Allgemeiner Strommix		
Erneuerbare Energien	Art: –	Verwendung: –	
Art der Lüftung/Kühlung	<input type="checkbox"/> Fensterlüftung <input type="checkbox"/> Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung <input type="checkbox"/> Anlage zur Kühlung <input type="checkbox"/> Schachtlüftung <input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung		
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input checked="" type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung/Erweiterung) <input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig) <input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf		

## Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter Annahme von standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. Als Bezugsfläche dient die energetische Gebäudenutzfläche nach der EnEV, die sich in der Regel von den allgemeinen Wohnflächenangaben unterscheidet. Die angegebenen Vergleichswerte sollen überschlägige Vergleiche ermöglichen (**Erläuterungen – siehe Seite 5**). Teil des Energieausweises sind die Modernisierungsempfehlungen (Seite 4).

- Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt (Energiebedarfsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig.
- Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt (Energieverbrauchsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch  Eigentümer     Aussteller

- Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigelegt (freiwillige Angabe).

## Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Wohngebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller

Titel, Vorname, Nachname

Straße

Ort

1.01.2016

Ausstellungsdatum

Unterschrift des Ausstellers

<sup>1</sup> Datum der angewendeten EnEV, gegebenenfalls angewendete Änderungsverordnung zur EnEV    <sup>2</sup> Bei nicht rechtzeitiger Zuteilung der Registriernummer (§17 Absatz 4 Satz 4 und 5 EnEV) ist das Datum der Antragstellung einzutragen; die Registriernummer ist nach deren Eingang nachträglich einzusetzen.    <sup>3</sup> Mehrfachangaben möglich    <sup>4</sup> bei Wärmenetzen Baujahr der Übergabestation

# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom <sup>1</sup> 18.11.2013

## Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

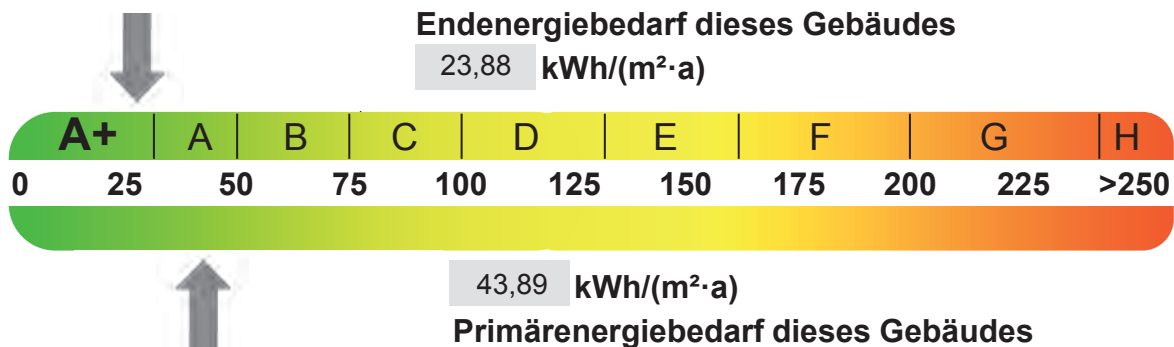
Registriernummer <sup>2</sup>

(oder: „Registriernummer wurde beantragt am...“)

2

## Energiebedarf

CO<sub>2</sub>-Emissionen <sup>3</sup>  kg/(m<sup>2</sup>·a)



### Anforderungen gemäß EnEV <sup>4</sup>

#### Primärenergiebedarf

Ist-Wert 43,89 kWh/(m<sup>2</sup>·a) Anforderungswert 44,9 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

#### Energetische Qualität der Gebäudehülle H<sub>T</sub>'

Ist-Wert 0,381 W/(m<sup>2</sup>·K) Anforderungswert 0,381 W/(m<sup>2</sup>·K)

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)  eingehalten

### Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10

Verfahren nach DIN V 18599

Regelung nach § 3 Absatz 5 EnEV

Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV

## Endenergiebedarf dieses Gebäudes

[Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

23,88 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

## Angaben zum EEWärmeG <sup>5</sup>

Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs auf Grund des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG)

Art:	Deckungsanteil:	%
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## Ersatzmaßnahmen <sup>6</sup>

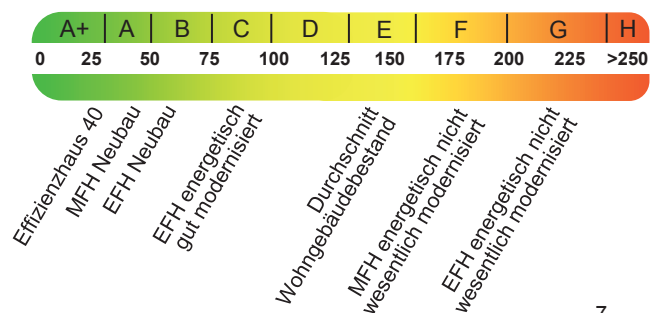
Die Anforderungen des EEWärmeG werden durch die Ersatzmaßnahme nach § 7, Absatz 1, Nummer 2 EEWärmeG erfüllt.

- Die nach § 7, Absatz 1, Nummer 2 EEWärmeG verschärften Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.
- Die in Verbindung mit § 8 EEWärmeG um  % verschärften Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfter Anforderungswert Primärenergiebedarf:  kWh/(m<sup>2</sup>·a)

Verschärfter Anforderungswert für die energetische Qualität der Gebäudehülle H<sub>T</sub>':  W/(m<sup>2</sup>·K)

## Vergleichswerte Endenergie



7

## Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs unterschiedliche Verfahren zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte der Skala sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A<sub>N</sub>), die im Allgemeinen größer ist als die Wohnfläche des Gebäudes.

<sup>1</sup> siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

<sup>2</sup> siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

<sup>3</sup> freiwillige Angabe

<sup>4</sup> nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 16, Absatz 1, Satz 3 EnEV

<sup>5</sup> nur bei Neubau

<sup>6</sup> nur bei Neubau im Fall der Anwendung von § 7, Absatz 1, Nummer 2 EEWärmeG

<sup>7</sup> EFH: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus



# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom <sup>1</sup> 18.11.2013

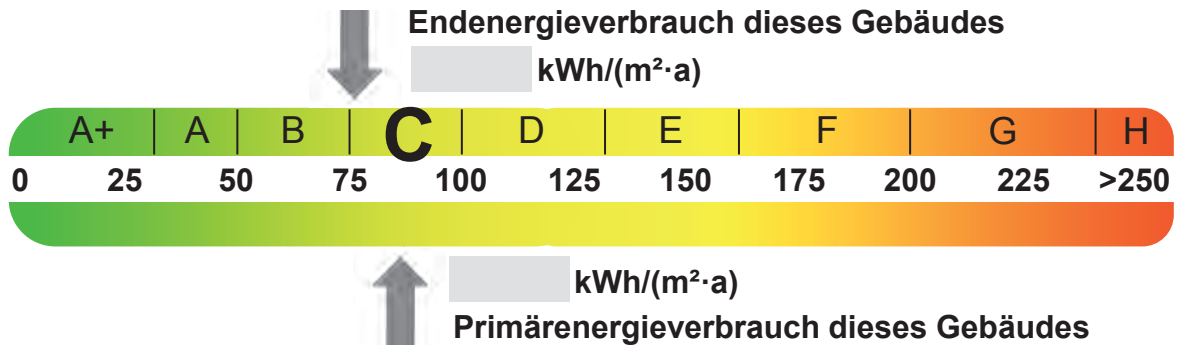
## Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Registriernummer <sup>2</sup> \_\_\_\_\_

(oder: „Registriernummer wurde beantragt am...“)

3

## Energieverbrauch



## Endenergieverbrauch dieses Gebäudes

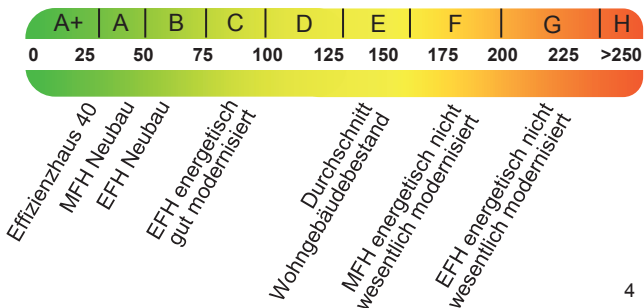
[Pflichtangabe für Immobilienanzeigen]

\_\_\_\_\_ kWh/(m<sup>2</sup>·a)

## Verbrauchserfassung – Heizung und Warmwasser

Zeitraum		Energieträger <sup>3</sup>	Primär-energie-faktor	Energieverbrauch [kWh]	Anteil Warmwasser [kWh]	Anteil Heizung [kWh]	Klima-faktor
von	bis						

## Vergleichswerte Endenergie



Die modellhaft ermittelten Vergleichswerte beziehen sich auf Gebäude, in denen die Wärme für Heizung und Warmwasser durch Heizkessel im Gebäude bereitgestellt wird.

Soll ein Energieverbrauch eines mit Fern- oder Nahwärme beheizten Gebäudes verglichen werden, ist zu beachten, dass hier normalerweise ein um 15 bis 30 % geringerer Energieverbrauch als bei vergleichbaren Gebäuden mit Kesselheizung zu erwarten ist.

4

## Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung des Energieverbrauchs ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte der Skala sind spezifische Werte pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche ( $A_N$ ) nach der Energieeinsparverordnung, die im Allgemeinen größer ist als die Wohnfläche des Gebäudes. Der tatsächliche Energieverbrauch einer Wohnung oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens vom angegebenen Energieverbrauch ab.

<sup>1</sup> siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

<sup>2</sup> siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

<sup>3</sup> gegebenenfalls auch Leerstandszuschläge, Warmwasser- oder Kühlpauschale in kWh <sup>4</sup> EFH: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus

# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom <sup>1</sup> 18.11.2013

## Empfehlungen des Ausstellers

Registriernummer <sup>2</sup>  

(oder: „Registriernummer wurde beantragt am...“)

4

## Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung

Maßnahmen zur kostengünstigen Verbesserung der Energieeffizienz sind  möglich  nicht möglich

### Empfohlene Modernisierungsmaßnahmen

Nr.	Bau- oder Anlagenteile	Maßnahmenbeschreibung in einzelnen Schritten	empfohlen		(freiwillige Angaben)	
			in Zusammenhang mit größerer Modernisierung	als Einzelmaßnahme	geschätzte Amortisationszeit	geschätzte Kosten pro eingesparte Kilowattstunde Endenergie
1	Austausch Fenster	$A = 20 \text{ m}^2 \quad U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10 Jahre	4,00 €
2	Dämmung DG-Decke	$A = 60 \text{ m}^2 \quad U_D = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3 Jahre	3,50 €
3	Austausch Heiz-erzeuger/-speicher	BW-Kessel 55/45° C + Rohrdämmung + Thermostatventile + indirekt beheizter Speicher	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	20 Jahre	1,50 €

### Beispielhafter Variantenvergleich

(Angaben freiwillig)

	Ist-Zustand	Modernisierungsvariante 1	Modernisierungsvariante 2
Modernisierung gemäß Nummern			
Primärenergiebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]			
Einsparung gegenüber Ist-Zustand [%]			
Endergiebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]			
Einsparung gegenüber Ist-Zustand [%]			
CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/(m <sup>2</sup> *a)]			
Einsparung gegenüber Ist-Zustand [%]			

<sup>1</sup> siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

<sup>2</sup> siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom <sup>1</sup> 18.11.2013

## Erläuterungen

5

### Angabe Gebäudeteil – Seite 1

Bei Wohngebäuden, die zu einem nicht unerheblichen Anteil zu anderen als Wohnzwecken genutzt werden, ist die Ausstellung des Energieausweises gemäß dem Muster nach Anlage 6 auf den Gebäudeteil zu beschränken, der getrennt als Wohngebäude zu behandeln ist (siehe im Einzelnen § 22 EnEV). Dies wird im Energieausweis durch die Angabe „Gebäudeteil“ deutlich gemacht.

### Erneuerbare Energien – Seite 1

Hier wird darüber informiert, wofür und in welcher Art erneuerbare Energien genutzt werden. Bei Neubauten enthält Seite 2 (Angaben zum EEWärmeG) dazu weitere Angaben.

### Energiebedarf – Seite 2

Der Energiebedarf wird hier durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z. B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne usw.) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und von der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen der standardisierten Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

### Primärenergiebedarf – Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Energieeffizienz des Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z. B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz sowie eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

### Energetische Qualität der Gebäudehülle – Seite 2

Angegeben ist der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust (Formelzeichen in der EnEV:  $H_T$ ). Er beschreibt die durchschnittliche energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) eines Gebäudes. Ein kleiner Wert signalisiert einen guten baulichen Wärmeschutz. Außerdem stellt die EnEV Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz (Schutz vor Überhitzung) eines Gebäudes.

### Endenergiebedarf – Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Indikator für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude unter der Annahme von standardisierten Bedingungen und unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf und die notwendige Lüftung sichergestellt werden können. Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

### Angaben zum EEWärmeG – Seite 2

Nach dem EEWärmeG müssen Neubauten in bestimmtem Umfang erneuerbare Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs nutzen. In dem Feld „Angaben zum EEWärmeG“ sind die Art der eingesetzten erneuerbaren Energien und der prozentuale Anteil der Pflichterfüllung abzulesen. Das Feld „Ersatzmaßnahmen“ wird ausgefüllt, wenn die Anforderungen des EEWärmeG teilweise oder vollständig durch Maßnahmen zur Einsparung von Energie erfüllt werden. Die Angaben dienen gegenüber der zuständigen Behörde als Nachweis des Umfangs der Pflichterfüllung durch die Ersatzmaßnahme und der Einhaltung der für das Gebäude geltenden verschärften Anforderungswerte der EnEV.

### Endenergieverbrauch – Seite 3

Der Endenergieverbrauch wird für das Gebäude auf der Basis der Abrechnungen von Heiz- und Warmwasserkosten nach der Heizkostenverordnung oder auf Grund anderer geeigneter Verbrauchsdaten ermittelt. Dabei werden die Energieverbrauchsdaten des gesamten Gebäudes und nicht der einzelnen Wohneinheiten zugrunde gelegt. Der erfasste Energieverbrauch für die Heizung wird anhand der konkreten örtlichen Wetterdaten und mithilfe von Klimafaktoren auf einen deutschlandweiten Mittelwert umgerechnet. So führt beispielsweise ein hoher Verbrauch in einem einzelnen harten Winter nicht zu einer schlechteren Beurteilung des Gebäudes. Der Endenergieverbrauch gibt Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes und seiner Heizungsanlage. Ein kleiner Wert signalisiert einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich; insbesondere können die Verbrauchsdaten einzelner Wohneinheiten stark differieren, weil sie von der Lage der Wohneinheiten im Gebäude, von der jeweiligen Nutzung und dem individuellen Verhalten der Bewohner abhängen.

Im Fall längerer Leerstände wird hierfür ein pauschaler Zuschlag rechnerisch bestimmt und in die Verbrauchserfassung einbezogen. Im Interesse der Vergleichbarkeit wird bei dezentralen, in der Regel elektrisch betriebenen Warmwasseranlagen der typische Verbrauch über eine Pauschale berücksichtigt. Gleiches gilt für den Verbrauch von eventuell vorhandenen Anlagen zur Raumkühlung. Ob und inwieweit die genannten Pauschalen in die Erfassung eingegangen sind, ist der Tabelle „Verbrauchserfassung“ zu entnehmen.

### Primärenergieverbrauch – Seite 3

Der Primärenergieverbrauch geht aus dem für das Gebäude ermittelten Endenergieverbrauch hervor. Wie der Primärenergiebedarf wird er mithilfe von Umrechnungsfaktoren ermittelt, die die Vorkette der jeweils eingesetzten Energieträger berücksichtigen.

### Pflichtangaben für Immobilienanzeigen – Seite 2 und 3

Nach der EnEV besteht die Pflicht, in Immobilienanzeigen die in § 16a, Absatz 1 genannten Angaben zu machen. Die dafür erforderlichen Angaben sind dem Energieausweis zu entnehmen, je nach Ausweisart der Seite 2 oder 3.

### Vergleichswerte – Seite 2 und 3

Die Vergleichswerte auf Endenergieebene sind modellhaft ermittelte Werte und sollen lediglich Anhaltspunkte für grobe Vergleiche der Werte dieses Gebäudes mit den Vergleichswerten anderer Gebäude sein. Es sind Bereiche angegeben, innerhalb derer ungefähr die Werte für die einzelnen Vergleichskategorien liegen.

<sup>1</sup> siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

**Notizen**

## Beratungsstellen der Ziegelindustrie

Anfragen zum Bauen mit Ziegeln nehmen folgende Stellen entgegen:

Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.  
Schaumburg-Lippe-Str. 4  
53113 Bonn  
Telefon: 0228-91493-0  
Telefax: 0228-91493-28  
info@ziegel.de  
<http://www.ziegel.de>

Ziegel-Zentrum Nord West e. V.  
Eggestraße 3  
34414 Warburg  
Telefon: 05642-9494-69  
Telefax: 05642-9494-70  
info@ziegel-zentrum.de  
<http://www.ziegel-zentrum.de>

Bayerischer Ziegelindustrie Verband e. V.  
Beethovenstraße 8  
80336 München  
Telefon: 089-746616-0  
Telefax: 089-746616-30  
bzv@ziegel.com  
<http://www.ziegel.com>

Ziegel Zentrum Süd e. V.  
Beethovenstraße 8  
80336 München  
Telefon: 089-746616-11  
Telefax: 089-746616-60  
info@ziegel.com  
<http://www.ziegel.com>

## Impressum

Herausgeber:  
Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel  
im Bundesverband der Deutschen  
Ziegelindustrie e. V.  
Schaumburg-Lippe-Straße 4  
53113 Bonn  
Internet: [www.argemauerziegel.de](http://www.argemauerziegel.de)

Verfasser:  
Dipl.-Ing. (FH) André Staniszewski, Bonn  
Dipl.-Ing. Michael Gierga, Bottrop

Vollständig neu überarbeitete Ausgabe,  
Juni 2016

Alle Rechte vorbehalten.  
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit  
ausdrücklicher Genehmigung von  
©Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e. V.,  
Bonn, 2016

Gestaltung und Satz  
Umschlag: InVIA Marketing GmbH, München  
Innentitel: Kleinhans-Grafik, Ratingen





