

KALKSANDSTEIN

Energieeinsparverordnung 2009

Vorwort	3
1. Die Energieeinsparverordnung 2009 – Hintergrund und Überblick	4
2. Die Bedeutung des Energie sparenden Bauens	6
2.1 Allgemein	6
2.2 Gebäudestandards	7
3. Einflussgrößen auf den Primärenergiebedarf von Wohngebäuden	8
3.1 Bauliche Einflüsse	8
3.2 Anlagentechnische Einflüsse	8
3.3 Nutzungsbedingte Einflüsse	8
4. Die EnEV für Wohngebäude	10
4.1 Einführung	10
4.2 Begriffe	10
4.3 Haupt-Anforderungsgröße Primärenergiebedarf	10
4.4 Übersicht über Anforderungen	10
4.5 Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren	11
4.6 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz	11
5. Anforderungen für Wohngebäude	12
5.1 Jahres-Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust	12
5.2 Sommerlicher Wärmeschutz	12
5.3 Gebäudebestand	14
5.4 Heizungstechnische Anlagen, Warmwasseranlagen und Wärmeverteilung	15
5.5 Raumluftkühlung	15
5.6 Energieausweise	15
5.7 Umsetzung der EnEV	16
6. Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs für Wohngebäude gemäß DIN V 4108-6	16
6.1 Monatsbilanz	16
6.2 Wärmebrücken und Luftdichtheit	16
6.3 Wärmespeicherefähigkeit	18
6.4 Nicht beheizte Treppenhäuser	19
6.5 Maßbezüge	20
7. Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs für Wohngebäude gemäß DIN V 4701-10	21
8. Beispielrechnungen Wohngebäude	22
8.1 Nachweis der EnEV (Beispielgebäude)	22
8.2 Variationen baulicher und anlagentechnischer Ausführungen	36
9. Planungs- und Ausführungsempfehlungen	38
9.1 Einbeziehung baulicher und anlagentechnischer Randbedingungen im früheren Planungsstadium	38
9.2 Wärmebrücken	38
9.3 Luftdichtheit	38
9.4 Anlagentechnik	38
9.5 Nachweisverfahren	38
10. Die EnEV für Nichtwohngebäude	40
10.1 Anforderungen	40
10.2 Berechnungsverfahren	40
10.3 Beispiele	40
10.4 Vereinfachtes Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude	41
Literatur	43
Infokästen	
Nachweisführung nach Gebäudetypen	5
Passive Solarenergiegewinne	17
Wärmespeicherefähigkeit – prinzipielle Effekte	20
Anlagentechnische Einflussgrößen	23

KALKSANDSTEIN
Energieeinsparverordnung 2009

Stand: Oktober 2009

Autoren:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Anton Maas, Universität Kassel
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser, Technische Universität München und Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart, Holzkirchen, Kassel

Redaktion:
Dipl.-Ing. K. Brechner, Haltern am See
Dr. J. Brinkmann, Duisburg
Dipl.-Ing. B. Diestelmeier, Dorsten
Dipl.-Ing. G. Meyer, Hannover
Dipl.-Ing. W. Raab, Röthenbach
Dipl.-Ing. D. Rudolph, Durmersheim
Dipl.-Ing. H. Schulze, Buxtehude
Dipl.-Ing. H. Schwieger, Hannover

Herausgeber:
Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV, Hannover

BV-946-09/10

Alle Angaben erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen, jedoch ohne Gewähr.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung.

Schutzgebühr € 5,-

Gesamtproduktion und © by
Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf

VORWORT

Energiesparen wird immer wichtiger. Eine Maklerbefragung der Immowelt AG von Anfang 2009 zeigt, dass Immobilieninteressenten verstärkt nach dem Energieverbrauch fragen. Neben der Lage ist damit die Energieeffizienz bereits heute ein wichtiges Qualitätsmerkmal einer Immobilie.

Die stark schwankenden Energiepreise als Folge der knapper werdenden Ressourcen und die steigenden Anforderungen des Gesetzgebers an den Gebäudebereich sichern energieeffizienten Gebäuden einen dauerhaft hohen Wert.

Die Politik hat die Notwendigkeit erkannt, den CO₂-Ausstoß deutlich zu senken, um aktiv dem Klimawandel zu begegnen. Die Umsetzung des Kyoto-Protokolls und das Integrierte Energie- und Klimaprogramm (IKEP) der Bundesregierung, das in den Meseberger Beschlüssen 2007 mündete, führt daher zu steigenden Anforderungen im Gebäudebereich.

Eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes bis 2020 um mindestens 20 % ist das politische Ziel. Hierzu wird die Energieeinsparverordnung (EnEV) in zwei Stufen (2009 und 2012) novelliert, um die Energieeffizienz jeweils um 30 % anzuheben. Auch die EU wird voraussichtlich noch 2009 die Mitgliedsstaaten auffordern, einen Aktionsplan vorzulegen, wie bis spätestens 2018 der Passivhausstandard flächendeckend umgesetzt werden kann.

Anreize zum Energie sparenden Bauen werden mit den KfW-Programmen zum Bau von Energieeffizienzhäusern bis hin zum Passivhaus gegeben.

Um zukunftssicher zu bauen, muss es neben dem verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien vorrangig darum gehen, den Energiebedarf im Gebäudebereich durch einen hohen baulichen Standard zu senken.

Mit dem Konzept der KS-Funktionswand (schwere Kalksandstein-Außenwand kombiniert mit außenliegender Wärmedämmung) lassen sich bereits heute Gebäude erstellen, die auch morgen die Anforderungen an Neubauten erfüllen. Die Wärmedämmung ist individuell auf den winterlichen Wärmeschutz einstellbar, und der schwere Kalksandstein trägt nicht nur zum sommerlichen Hitzeschutz bei. Die Anlagentechnik kann somit meist geringer dimensioniert werden. Die Gebäude reagieren gutmütig. Im Büro- und Verwaltungsbau wie auch im verdichteten Wohnungsbau (Reihen-, Doppel- und mehrgeschossige Wohnhäuser) wird zudem der Schallschutz der Trennwände und Trenndecken durch die schweren flankierenden Kalksandstein-Außenwände sichergestellt.

Die vorliegende Broschüre konzentriert sich auf den Nachweis von Wohngebäuden. Deutlich werden die Stellschrauben zum Erfüllen des EnEV-Nachweises aufgezeigt und praktische Tipps und Lösungen für hocheffiziente Gebäude gegeben, die auch morgen noch den Standard eines Neubaus erfüllen.



Walter Raab
Obmann Ausschuss für Öffentlichkeitsarbeit
im Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV

1. DIE ENERGIEEINSPARVERORDNUNG 2009 – HINTERGRUND UND ÜBERBLICK

Die Rahmenbedingungen für Anpassungen der Anforderungen in den Bereichen Energieeffizienz und erneuerbare Energien im Gebäudebereich basieren auf politischen Vorgaben, die in der EU abgestimmt sind. Hierbei wird gefordert, dass die Senkung der Treibhausgasemissionen bis 2020 um mindestens 20 % zu erfolgen hat, mit einer Verbesserung der Energieeffizienz um wenigstens 20 % einhergeht, und es wird das verbindliche Ziel formuliert, den Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch der EU bis 2020 um 20 % zu erhöhen. Das integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung (Meseberger Beschlüsse vom 23. August 2007) beschreibt die Maßnahmen, mit denen die genannten Zielsetzungen in Deutschland erreicht werden sollen. Die insgesamt 29 Eckpunkte umfassenden Beschlüsse betreffen Gebäude und Gebäudenutzungen in unmittelbarem und mittelbarem Zusammenhang in den Bereichen

- Energieeinsparverordnung
- Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
- CO₂-Gebäudesanierungsprogramm
- Energetische Modernisierung der sozialen Infrastruktur
- Programm zur energetischen Sanierung von Bundesgebäuden
- Betriebskosten bei Mietwohnungen
- Ausbau der Erneuerbaren Energien im Strombereich
- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
- Intelligente Messverfahren für Stromverbrauch
- Betriebskosten bei Mietwohnungen

Die Umsetzungen neuer Energieeffizianz Anforderungen im Gebäudebereich erfolgen auf nationaler Ebene über Novelierungen der Energieeinsparverordnung (EnEV). Hierbei ist vorgesehen, dass in 2009 und 2012 schrittweise eine Verbesserung um jeweils 30 % stattfindet. Für Wohngebäude geht dies in der EnEV 2009 [1] mit der Einführung des so genannten „Referenzgebäudeverfahrens“ einher, das einen verbesserten Wärmeschutzstandard in Verbindung mit einer effizienteren Hei-

zungstechnik vorgibt. Im Falle der Nichtwohngebäude führen die Verschärfungen derzeit gültiger Referenzbau- und Referenzanlagentechnik zu den genannten Reduktionen des Primärenergiebedarfs. Auch im Gebäudebestand werden Verschärfungen vorgesehen. Dies betrifft Einzelanforderungen für Bauteile im Gebäudebestand, Anpassungen der Nachrüstverpflichtungen sowie die Außerbetriebnahme von Nachtspeichersystemen.

Die Neugestaltung der Energieeinsparverordnung wird flankiert von der Einführung des Erneuerbaren-Energien-Wärme-gesetzes (EEWärmeG) zum 1. Januar 2009 [2]. Über dieses Gesetz ist der verpflichtende Einsatz erneuerbarer Energien zur Energiebedarfsdeckung der Wärme- und Kälteversorgung bzw. die Umsetzung geeigneter Ersatzmaßnahmen vorgesehen.

Im Zuge der zur Erreichung der Klimaschutzziele erforderlichen Maßnahmen ist

davon auszugehen, dass weitergehende Anforderungen an die Energieeffizienz im Rahmen der EnEV und des EEWärmeG im Zeitraum von 2015 bis 2020 gestellt werden.

Mit der EnEV 2009 wird, wie zuvor genannt, für Wohngebäude ein neues Anforderungsmodell eingeführt. Die Vorgabe einer Referenzbautechnik in Verbindung mit einer Referenzanlagentechnik führt zu einem Referenzgebäude, aus dem der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf eines Gebäudes resultiert. Diese Methodik ist vom Grundsatz her bereits aus dem Bereich der Nichtwohngebäude gemäß EnEV 2007 [3] geläufig. Die Anforderungen an den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T' werden fortgeschrieben und im Mittel um rund 15 % verschärft. Diese Größe, die eine Mindestqualität des baulichen Wärmeschutzes sicherstellen soll, wird in der EnEV 2009 abhängig von Gebäudetyp und -größe als Zusatzanforderung vorgegeben.

Tafel 1: Anforderungen und Nachweismethodik für Wohngebäude

Inhalte	EnEV 2007	EnEV 2009
Anforderungen Neubau	maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf in Abhängigkeit vom Verhältnis A/V_e	maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf entsprechend einer Referenzausführung mit Referenzbau- und -anlagentechnik (Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung)
Nachweisverfahren Neubau	Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10	Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10; alternativ nach DIN V 18599
Dokumentation Neubau	Energieausweis mit Dokumentation der Berechnungsergebnisse und Zertifikat (Label)	
Anforderungen Bestand	Einhaltung zulässiger Wärmedurchgangskoeffizienten bei baulichen Maßnahmen und Einzelanforderungen an die Anlagentechnik für Heizung und Warmwasserbereitung	
Dokumentation Bestand	Energieausweis mit Dokumentation der Berechnungsergebnisse und Zertifikat (Label) erforderlich bei Verkauf und Vermietung	

Tafel 2: Anforderungen und Nachweismethodik für Nichtwohngebäude

Inhalte	EnEV 2007	EnEV 2009
Anforderungen Neubau	maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf entsprechend einer Referenzausführung mit Referenzbau- und -anlagentechnik (Heizung, Warmwasserbereitung, Beleuchtung und Kühlung/Klimatisierung)	
Nachweisverfahren Neubau	Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs nach DIN V 18599	
Dokumentation Neubau	Energieausweis mit Dokumentation der Berechnungsergebnisse und Zertifikat (Label)	
Anforderungen Bestand	Einhaltung zulässiger Wärmedurchgangskoeffizienten bei baulichen Maßnahmen und Einzelanforderungen an die Anlagentechnik (Heizung, Warmwasserbereitung und Kühlung/Klimatisierung)	
Dokumentation Bestand	Energieausweis mit Dokumentation der Berechnungsergebnisse und Zertifikat (Label) erforderlich bei Verkauf und Vermietung	

INFOKASTEN: NACHWEISFÜHRUNG NACH GEBÄUDETYPEN

Als Wohngebäude gelten diejenigen Gebäude, die überwiegend dem Wohnen dienen. Hierzu zählen auch Wohn-, Alten- und Pflegeheime. Alle sonstigen Gebäude sind als Nichtwohngebäude einzustufen. In der nebenstehenden Tafel sind die zuvor genannten Fälle der Wohnnutzung und Beispiele für häufige Fälle von Gebäuden der Kategorie Nichtwohngebäude aufgeführt.

Liegt eine gemischte Nutzung (aus Wohnnutzung und Nichtwohnnutzung) in einem Gebäude vor, ist der Nachweis in der Regel getrennt mit dem jeweiligen Verfahren durchzuführen. Ausnahmen von dieser Regelung, d.h. die Möglichkeit der Nachweisführung mit einem Verfahren, gelten in nachstehenden Fällen:

- Liegt in einem Wohngebäude eine Nichtwohnnutzung vor, die sich nach Art der Nutzung und der gebäudetechnischen Ausstattung nicht wesentlich von der Wohnnutzung unterscheidet, kann das Gebäude insgesamt als Wohngebäude behandelt werden. Beispiele hierfür sind freiberufliche Nutzungen, z.B. Versicherungsgesellschaft, Ingenieurbüro, Anwaltskanzlei o.ä., die in Wohnungen stattfinden und für die keine (zusätzliche) spezielle Anlagentechnik, wie z.B. eine Klimaanlage, vorgesehen ist.

Zuordnung von Gebäudetypen (exemplarische Auflistung) zu den Kategorien „Wohngebäude“ und „Nichtwohngebäude“.

Wohngebäude	Nichtwohngebäude
<ul style="list-style-type: none"> • Wohngebäude • Wohnheime • Altenheime • Pflegeheime 	<ul style="list-style-type: none"> • Bürogebäude • Verwaltungsgebäude • Kaufhaus, Supermarkt • Schule, Kindergarten • Hotel • Restaurant • Werkstatt • Theater • Museum • Bibliothek • Turnhalle

- Liegt in einem Wohngebäude eine Nichtwohnnutzung vor, die hinsichtlich ihrer Nutzfläche einen nur „unerheblichen“ Anteil ausmacht (als „unerheblich“ gilt eine Größenordnung von rd. 10 %), kann das Gebäude insgesamt als Wohngebäude behandelt werden. Ein solcher Fall liegt z.B. bei einem Kiosk oder einem kleinen Geschäft in einem Wohngebäude vor.
- Liegt in einem Nichtwohngebäude eine Wohnnutzung vor, die hinsichtlich ihrer Nutzfläche einen nur „unerheblichen“ Anteil ausmacht (s.o.) – z.B. eine Hausmeisterwohnung in einer Schule – kann das Gebäude insgesamt als Nichtwohngebäude behandelt werden.



Als Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs dienen für die Kategorie Wohngebäude die bislang eingeführten und im Nachweisverfahren der EnEV 2007 verwendeten Normen DIN V 4108-6 [4] und DIN V 4701-10 [5, 6]. Alternativ ist die Anwendung der DIN V 18599 [7] möglich.

Bei Nichtwohngebäuden ergeben sich hinsichtlich der Anforderungsformulierung und des Nachweisverfahrens praktisch keine Änderungen. Die Anforderungsverschärfungen liegen in gleicher Größenordnung wie bei Wohngebäuden.

Eine Gegenüberstellung der Anforderungen und Nachweismethoden von EnEV 2007 und EnEV 2009 ist für Wohngebäude in Tafel 1 und für Nichtwohngebäude in Tafel 2 aufgenommen.

2. DIE BEDEUTUNG DES ENERGIE SPARENDEN BAUENS

2.1 Allgemein

Die Notwendigkeit der Energieeinsparung ist heute unumstritten. Aspekte des Umweltschutzes und der Daseinsvorsorge sowie insbesondere auch die steigenden Energiekosten (Bild 1) sind die wesentlichen Gründe. Dabei kommt dem Sektor Gebäude eine zentrale Rolle zu, da hier große Einsparpotenziale ruhen und die erforderliche Technik erprobt vorliegt. Die Politik will diesen Bereich weiterhin mit der Energieeinsparverordnung aktivieren und erhofft sich weitere drastische Minderungen durch deren Fortschreibung.

Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte (Bild 2) wird im Wesentlichen durch den Bereich Raumwärme bestimmt (Bild 3). Bild 4 gibt einen Überblick über die Beheizungsart und die Energieträgerverteilung deutscher Haushalte. Hier ergibt sich einerseits der Vorteil, dass gut erprobte Einsparmaßnahmen zur Verfügung stehen, andererseits weisen zahlreiche Energieeinsparmaßnahmen zusätzliche positive Aspekte neben der Energieeinsparung auf. Dazu gehören die Steigerung der Behaglichkeit und die verbesserten Möglichkeiten der Bausubstanzerhaltung.

So zeigt Bild 5 beispielhaft die raumseitigen Oberflächentemperaturen einer Außenwand in Abhängigkeit von deren wärmeschutztechnischer Ausbildung. Mit zunehmendem baulichen Wärmeschutz steigen die Oberflächentemperaturen während der Heizperiode deutlich an – und somit auch die Behaglichkeit.

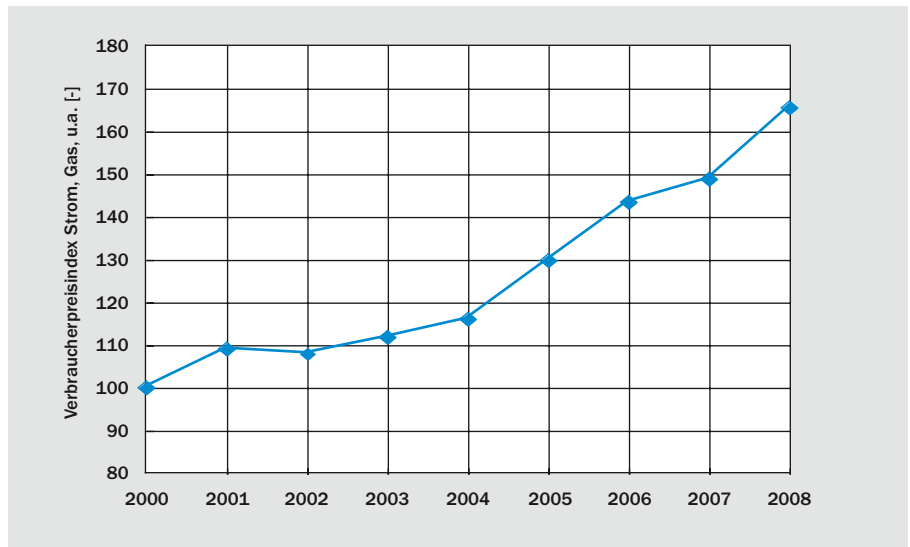


Bild 1: Entwicklung der Kosten für Strom, Gas und andere Brennstoffe. Dargestellt ist der Verbraucherpreisindex bezogen auf das Basisjahr 2000 [8].

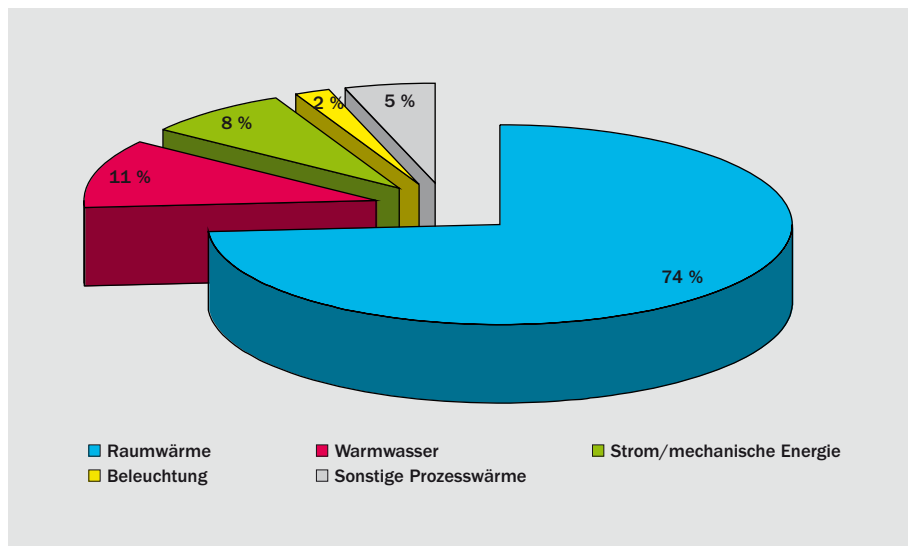


Bild 2: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte ohne den Verkehrsbereich [9]

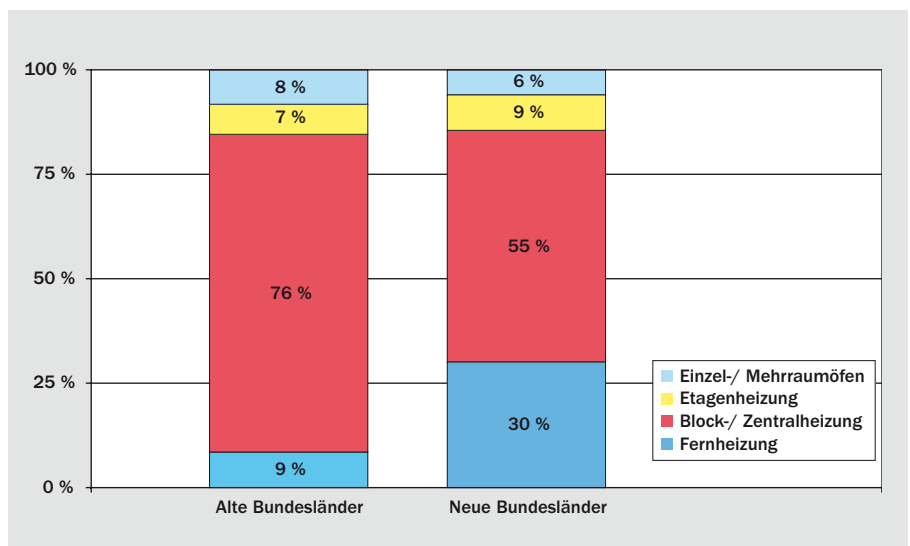


Bild 3: Beheizungsart deutscher Haushalte 2006 [10]

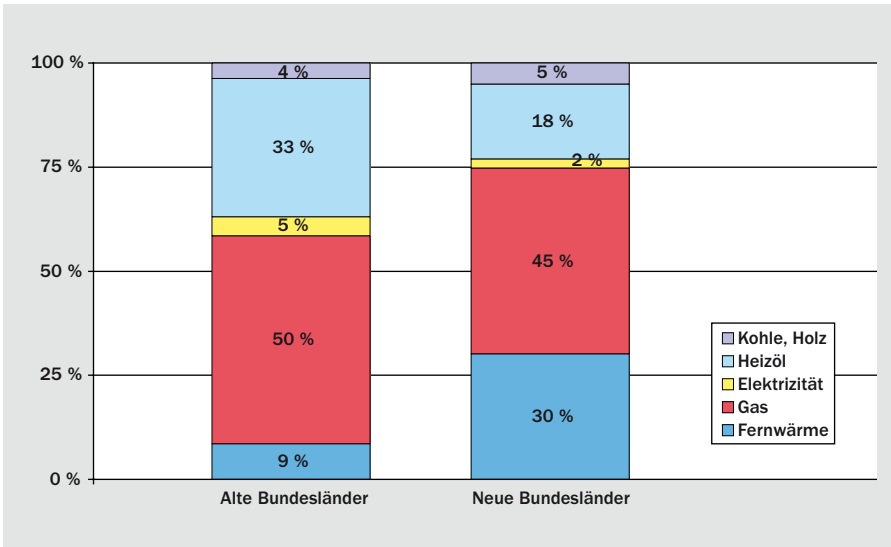


Bild 4: Energieträgerverteilung deutscher Haushalte 2006 [10]

Daneben wirkt sich ein verbesserter baulicher Wärmeschutz positiv auf die Behaglichkeit im Sommer aus. Mit einem Einzelkennwert beschrieben, gibt die Übertemperaturgradstundenzahl Gh_{26} in Tafel 3 die Dauer der Überschreitung (in Stunden) multipliziert mit Intensität der Überschreitung einer empfundenen Temperatur von 26 °C (Kelvin) in den angegebenen Büroräumen in Abhängigkeit vom Wärmeschutzniveau wieder. Das Wärmeschutzniveau I entspricht dabei den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung 1984, das Anforderungsniveau II der Wärmeschutzverordnung 1995, das Anforderungsniveau III geht über die Anforderungen der EnEV 2009 sogar noch hinaus. Eine kleine Übertemperaturgradstundenzahl Gh_{26} kennzeichnet ein gutes sommerliches Wärmeverhalten eines Raumes.

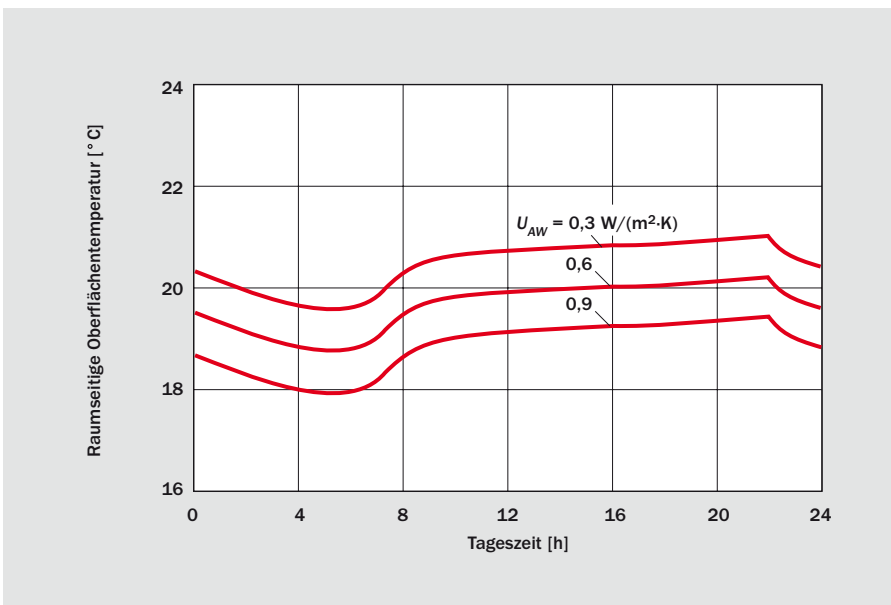


Bild 5: Abhängigkeit der raumseitigen Oberflächentemperatur einer Außenwand unter winterlichen Randbedingungen vom Wärmedurchgangskoeffizienten des Bauteils bei instationärem Heizbetrieb. Die Raum-Solltemperatur ist am Tag mit 22 °C und in der Nacht mit 15 °C angesetzt [11].

Es zeigt sich deutlich, wie mit verbessertem Wärmeschutz die Behaglichkeit auch im Sommer wächst. Die Wärmespeicherfähigkeit von Kalksandstein wirkt sich dabei besonders positiv aus.

2.2 Gebäudestandards

Der Energiestandard eines Gebäudes gibt Auskunft über den Energiebedarf für die Gebäudekonditionierung des Hauses pro Quadratmeter Nutzfläche und Jahr. Dabei kann sich die Angabe auf verschiedene Energieanteile und auch verschiedene Nutzflächen beziehen. Auch die nicht-energetische Größe CO_2 wird zur Kennzeichnung des „energetischen“ Standards eines Gebäudes herangezogen.

Niedrigenergiehaus/ Energieeinsparverordnung

Eine einheitliche Definition eines Niedrigenergiehaus-Standards existiert nicht. Die in neueren Publikationen häufigste Formulierung für den Begriff verwendet die Zielsetzung der Unterschreitung der Anforderungen gemäß EnEV 2007 um 30 %. Mit dem über die EnEV 2009 vorgegebenen Anforderungsniveau, das eine Verschärfung der Anforderungen um rund 30 % vorsieht, wird somit im Neubaubereich allgemein ein „Niedrigenergiehaus-Standard“ erzielt.

KfW-Effizienzhaus 85, 70 und 55 (Neubau)

Das KfW-Effizienzhaus formuliert ein Anforderungsniveau, mit dessen Erreichung eine Förderung (Zuschuss oder Kredit) verbunden ist. Die Zahlenangabe (85,

Tafel 3: Übertemperaturgradstundenzahl Gh_{26} eines Bürogebäudes [12]

Raum		Gh_{26} [Kh/a]		
		Wärmeschutz-niveau I	Wärmeschutz-niveau II	Wärmeschutz-niveau III
2. OG	Zentralraum Ost	280	222	116
	Zentralraum West	342	252	118
	Eckraum Süd/Ost	686	584	335
	Eckraum Süd/West	1014	888	508
DG	Zentralraum Ost	318	247	127
	Zentralraum West	381	280	134
	Eckraum Süd/Ost	671	565	333
	Eckraum Süd/West	800	671	386

70, 55) gibt an, auf welchen Prozentsatz bezogen auf das Anforderungsniveau der Energieeinsparverordnung eine Absenkung des Primärenergiebedarfs erfolgt. Ein KfW-Effizienzhaus 70 unterschreitet beispielweise die Anforderungen der jeweils gültigen Energieeinsparverordnung um 30 %.

Passivhaus

Die Projektierung und Kennzeichnung des Passivhauses erfolgt nach einem Nachweisverfahren des Passivhaus-Instituts (PHPP) und bezieht zusätzlich zur EnEV für Wohngebäude den Haushaltsstrom mit in die Berechnung ein.

Der Jahres- Heizwärmebedarf darf 15 kWh/(m²·a) (Bezug beheizte Wohnfläche ohne Balkon) nicht überschreiten. Der Energiekennwert Primärenergie darf max. 120 kWh/(m²·a) inklusive Haushaltsstrom betragen. Es werden Anforderungen an die wärmeschutztechnische Qualität der Gebäudehülle, die Luftdichtheit des Gebäudes und die Qualität der Lüftungsanlage gestellt.

Nullenergiehaus (Netto-Nullenergiehaus)/ Plusenergiehaus

Nullenergiehaus und Plusenergiehaus bauen auf dem Standard von Gebäuden mit geringem Energiebedarf (z. B. KfW-Effizienzhaus oder Passivhaus) auf. Die Nutzung von Solarenergie – Strom einer Photovoltaikanlage oder thermische Solarenergie zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung – deckt den Energiebedarf bzw. führt zu einem Energieüberschuss.

Mit dem Zusatz „Netto“ soll verdeutlicht werden, dass die Energiebilanz über das Jahr gesehen neutral sein muss. Ein Netto-Nullenergiehaus ist somit kein energieautarkes Haus, sondern es ist eine Ankopplung an das Stromnetz vorhanden.

Nullemissionshaus (Netto-Nullemissionshaus)

Das Nullemissionshaus – konkreter gesagt das Null-CO₂-Emissionshaus – weist über das Jahr gesehen eine ausgeglichene CO₂-Bilanz auf. Die ausgeglichene Bilanz wird durch Gutschriften aus eigener Stromerzeugung (Photovoltaik, Kraft-Wärmekopplung, Kleinwindräder) erreicht. Es existieren auch Ansätze, die eine umfassendere Bilanzgrenze, z. B. Gebäudegruppen oder Siedlungen betrachten.

Je nach verwendetem Energieträger für die Wärmeversorgung (z. B. Holzpellets oder Fernwärme aus erneuerbaren Energien) kann ein Nullemissionshaus durchaus einen recht hohen Energiebedarf aufweisen!

3. EINFLUSSGRÖSSEN AUF DEN PRIMÄR-ENERGIEBEDARF VON WOHNGBÄUDEN

Am Beispiel eines Einfamilienhauses wird aufgezeigt, wie sich unterschiedliche bauliche, anlagentechnische und nutzungsbedingte Einflüsse auf die Höhe des Jahres-Primärenergiebedarfs auswirken. Die Berechnungen erfolgen auf Basis von DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10.

In Tafel 4 sind Varianten der verschiedenen Einflussgrößen dargestellt. Der Ausgangsfall entspricht dem Referenzgebäude der Energieeinsparverordnung und verursacht einen Primärenergiebedarf von 86,1 kWh/(m²·a).

3.1 Bauliche Einflüsse

Wird der bauliche Wärmeschutz gemäß den Zahlenwerten in Tafel 4 verbessert, ergibt sich eine Bedarfsreduktion um ca. 11 kWh/(m²·a). Eine Ausführung des baulichen Wärmeschutzes, die dem Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts nach EnEV 2009 entspricht, führt zu einer Erhöhung des Primärenergiebedarfs um ca. 7 kWh/(m²·a).

Mit der Umsetzung optimierter Anschlussdetails können Wärmebrückenverluste reduziert werden. Aus einem Wärmebrückenkorrekturwert $\Delta U_{WB} = 0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ resultiert der Jahres-Primärenergiebedarf von rd. 76,4 kWh/(m²·a). Infolge schlechter Wärmebrückenausführungen ($\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) steigt der zuletzt genannte Wert um ca. 20 kWh/(m²·a) an.

Wird eine ausreichende Gebäudedichtheit, die nach DIN 4108-7 [13] gefordert ist, nicht erreicht, ergibt sich mit einem Luftwechsel von $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$ ein Jahres-Primärenergiebedarf von 92 kWh/(m²·a). In diesem Fall ist keine Abluftanlage berücksichtigt.

Der Einfluss der Bauweise (schwer/leicht), ausgedrückt durch die Wärmespeicherfähigkeit, liegt bei Berücksichtigung von sieben Stunden Nachtabschaltung bei etwa 3 % zu Gunsten der schweren Bauweise (pauschale Ansätze gem. DIN V 4108-6).

3.2 Anlagentechnische Einflüsse

Beim Einsatz eines Niedertemperatur-Heizsystems ergibt sich aufgrund der größeren Erzeuger-Aufwandszahl eine Erhöhung des Jahres-Primärenergiebedarfs gegenüber dem Ausgangsfall von ca. 8 kWh/(m²·a). Werden die Rohrleitungen nicht wie im Ausgangsfall im beheizten, sondern im nicht beheizten Bereich geführt, liegt der Jahres-Primärenergiebedarf bei 92,2 kWh/(m²·a).

Eine Reduktion des Primärenergiebedarfs um ca. 12 kWh/(m²·a) wird erreicht, wenn eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Wärmerückgewinnungsgrad 80 %) anstelle der reinen Abluftanlage vorgesehen ist.

3.3 Nutzungsbedingte Einflüsse

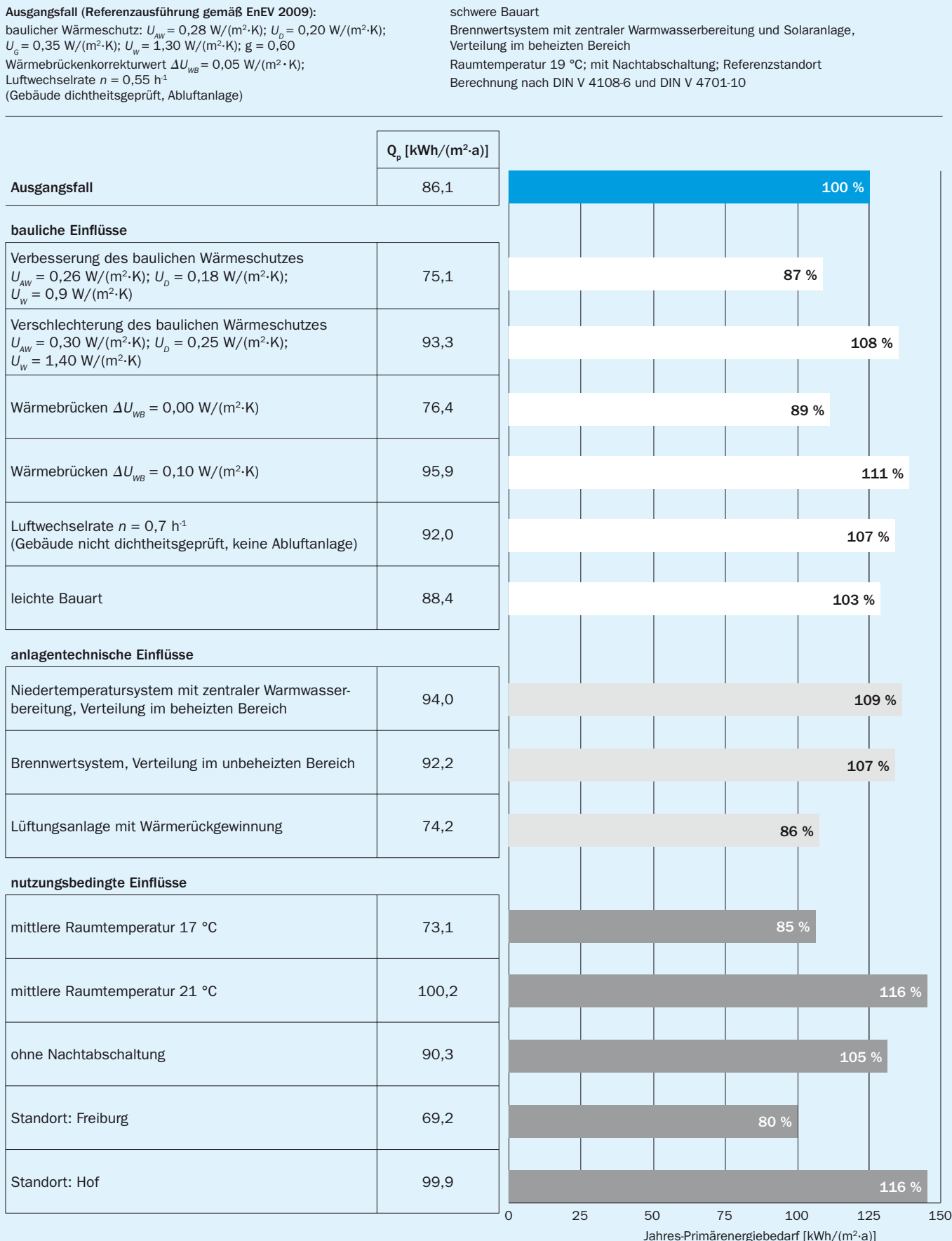
Die Energieeinsparverordnung setzt als mittlere Raumlufttemperatur einen Wert von 19 °C an. Hierbei ist die räumliche Teilbeheizung berücksichtigt, d. h. es wird davon ausgegangen, dass nicht alle Räume eines Gebäudes auf normale Raumlufttemperaturen beheizt werden. Setzt man bei der Berechnung eine Raumlufttemperatur von durchschnittlich 17 °C an, liegt der Jahres-Primärenergiebedarf bei 73,1 kWh/(m²·a). Bei einer erhöhten Raumlufttemperatur von 21 °C erhöht sich der Bedarf im Vergleich zum Ausgangsfall um ca. 14 kWh/(m²·a).

Wird gegenüber dem Ausgangsfall keine Nachtabschaltung betrieben, entsteht ein Mehrbedarf von ca. 5 %.

Die Berücksichtigung standortspezifischer Klimadaten führt für Freiburg, dem Referenzort für die Region 12 gemäß DIN V 4108-6 [4] zu einer Reduktion des Jahres-Primärenergiebedarfs von ca. 17 kWh/(m²·a). Unter Zugrundelegung der Klimadaten des Referenzortes für die Region 10 (Hof) nimmt der Bedarf auf 99,9 kWh/(m²·a) zu.

Verbesserungen des baulichen Wärmeschutzes und die Optimierung der Detailanschlüsse (Wärmebrücken) führen zu einem geringeren Jahres-Primärenergiebedarf.

Tafel 4: Jahres-Primärenergiebedarf eines Einfamilienhauses bei Variation unterschiedlicher Einflussgrößen



4. DIE EnEV FÜR WOHNGBÄUDE

4.1 Einführung

Im Rahmen der EnEV 2009 werden für Wohngebäude Anforderungen an die Größen Jahres-Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust gestellt. Dies sind die aus der EnEV 2007 bekannten Anforderungsgrößen. Sowohl bezüglich der Höhe der Anforderungen, der Ermittlung der maximal zulässigen Werte und des Nachweisverfahrens haben sich Änderungen ergeben.

- Anforderungswerte des Jahres-Primärenergiebedarfs:
Die Anforderungswerte des Jahres-Primärenergiebedarfs liegen um rund 30 % unterhalb der Werte der EnEV 2007. Diese verschärften Anforderungen werden nicht mehr wie bislang in Abhängigkeit vom A/V_e -Verhältnis gebildet, sondern vielmehr über ein sogenanntes Referenzgebäudeverfahren ermittelt.
- Anforderungswerte des spezifischen Transmissionswärmeverlustes:
Die Anforderungen an den spezifischen Transmissionswärmeverlust werden nicht mehr wie bislang in Abhängigkeit vom A/V_e -Verhältnis gebildet, sondern anhand des Gebäudetyps vorgegeben. Die einzuhaltenden Anforderungswerte sind gegenüber der EnEV 2007 um rund 15 % verschärft.
- Berücksichtigung einer Raumluftkühlung:
Abhängig von der Effizienz der eingesetzten Kühltechnik wird der vorhandene Jahresprimärenergiebedarf mit Werten zwischen 2,7 und 18,9 W/(m²·a) erhöht. Eine Erhöhung des zulässigen Jahresprimärenergiebedarfs wie in der EnEV 2007 ist nicht mehr vorgesehen.
- Nachweisverfahren:
Der rechnerische Nachweis auf Basis der Heizperiodenbilanz (vereinfachtes Verfahren) ist in der EnEV 2009 nicht mehr vorgesehen. Als Berechnungsverfahren für den Nachweis sind DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 oder alternativ DIN V 18599 heranzuziehen.

Neben den Anforderungen der EnEV 2009 ist seit dem 1. Januar 2009 das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) einzuhalten.

Wesentliche praktische Konsequenzen der bisherigen und der Energieeinsparverordnung 2009 sind, dass in einem frühen Stadium die Abstimmung zwischen den Planern des baulichen Wärmeschutzes und der Anlagentechnik erfolgt. Über „Bonusanreize“, die eine gute Detailplanung – und natürlich auch eine gute Detailausführung – belohnen, wird eine verbesserte Qualität der Baukonstruktion und der Gebäude erreicht. Darüber hinaus wird im Nachweisverfahren der EnEV die Effizienz einer guten Gebäudeanlagentechnik deutlich herausgestellt, und es resultieren auch Anreize für den Einsatz optimierter Heizungs- und Warmwasserbereitungssysteme.

4.2 Begriffe

4.2.1 Heizwärmebedarf (auch: Nutzwärmebedarf)

Die Wärmemenge, die dem Raum bzw. dem Gebäude vom Heizsystem (Heizkörper) zur Verfügung gestellt werden muss, um die entsprechende Raumtemperatur aufrecht zu erhalten.

Die Größe wird durch die Bilanzierung von Wärmeverlusten (Transmission und Lüftung) und Wärmegewinnen (solare und interne) ermittelt und kennzeichnet – unter Berücksichtigung definierter Nutzungsbedingungen – die wärmeschutztechnische Qualität der Gebäudehülle.

4.2.2 Heizenergiebedarf (auch: Endenergiebedarf für das Heizsystem)

Energiemenge, die für die Gebäudebeheizung unter Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs und der Verluste des Heizungssystems aufgebracht werden muss.

Verluste des Heizungssystems treten bei der Wärmeübergabe, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeerzeugung auf. Diese Verluste werden in einer Anlagenaufwandszahl zusammengefasst. Eine kleine Aufwandszahl kennzeichnet ein energetisch günstiges Heizungssystem.

4.2.3 Endenergiebedarf

Energiemenge, die für die Gebäudebeheizung unter Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs und der Verluste des Heizungssystems sowie des Warmwasserwärmebedarfs und der Verluste des Warmwasserbereitungssystems aufgebracht werden muss.

Die Endenergie bezieht die für den Betrieb der Anlagentechnik (Pumpen, Regelung usw.) benötigte Hilfsenergie mit ein.

Die Endenergie wird an der „Schnittstelle“ Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die vom Verbraucher bezahlt werden muss.

4.2.4 Primärenergiebedarf

Energiemenge, die zur Deckung des Endenergiebedarfs benötigt wird – unter Berücksichtigung der zusätzlichen Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze „Gebäude“ entsteht.

Zusätzlicher Energieaufwand entsteht bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe.

Die Primärenergie kann als Beurteilungsgröße für ökologische Kriterien, wie z. B. CO₂-Emission, herangezogen werden, da der gesamte Energieaufwand für die Gebäudebeheizung einbezogen wird.

4.3 Haupt-Anforderungsgröße Primärenergiebedarf

Bei Wohngebäuden wird unter Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs und des Warmwasserwärmebedarfs sowie der Einbeziehung der Anlagentechnik für Heizung und Warmwasserbereitung der Endenergiebedarf ausgewiesen. Diese Größe kann mit dem tatsächlichen Energieverbrauch verglichen werden. Sie stellt somit eine Kennzeichnung für die energetische Qualität des Gebäudes dar.

Über diese für den Endverbraucher interessante Kenngröße hinaus wird die eigentliche Anforderung der EnEV an einen zulässigen Primärenergiebedarf gestellt. Dieser berücksichtigt auch die Verluste, die bei Erzeugung und Transport eines Energieträgers entstehen. Die Einflussgrößen auf die Bilanzierung des Jahres-Primärenergiebedarfs sind in Bild 6 dargestellt.

4.4 Übersicht über Anforderungen

4.4.1 Neu zu errichtende Wohngebäude

- flächenbezogener Primärenergiebedarf
- hüllflächenbezogener Transmissionswärmeverlust
- sommerlicher Wärmeschutz
- dauerhafte Luftundurchlässigkeit der Gebäudehülle
- Sicherstellung eines Mindestluftwechsels
- Verringerung von Wärmebrückeneinflüssen
- Berücksichtigung von Wärmebrücken im Rechenverfahren

4.4.2 Wohngebäude- und Anlagenbestand

- Änderung, Ersatz und Erneuerung von Außenbauteilen: Begrenzung des Wärmedurchgangskoeffizienten; alternativ:

$$Q_{p,max, Bestand} = 1,4 \cdot Q_{p,max, Neubau}$$
- Erweiterung um mehr als 10 m² zusammenhängende Nutzfläche: Anforderung wie bei Neubauten
- Austausch von Heizkesseln: Nachrüstfristen
- Dämmung von Rohrleitungen und Armaturen: Nachrüstfristen
- Regelungstechnik: Steuerung des Heizkessels und Raumtemperaturregelung
- Dämmung von obersten Geschossdecken: Nachrüstfristen

4.4.3 Anlagentechnik

- Anforderungen an die Anlagentechnik Neubau: CE-Kennzeichnung
- Qualität der einzubauenden Anlagentechnik Bestand: Niedertemperatur oder Brennwertkessel
- Regelungstechnik: Steuerung des Heizkessels und Raumtemperaturregelung
- Umwälzpumpen in Heizanlagen mit mehr als 25 kW Nennleistung: selbsttätige stufenweise Steuerung
- Dämmung von Rohrleitungen und Armaturen: Vorgabe von Mindestdämmdicken

4.5 Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren

Für das Nachweisverfahren der EnEV 2009 können alternativ DIN V 4108-6/ DIN V 4701-10 oder DIN V 18599 verwendet werden. Der Vergleichbarkeit der Berechnungsergebnisse beider Verfahren sind Grenzen gesetzt. Zwar basiert die Wärmebilanz beider Ansätze auf einer monatlichen Betrachtung, darüber hinaus sind jedoch in allen Prozessbereichen verschiedene Änderungen/Neuerungen im Ansatz der DIN V 18599 zu finden. In der Regel handelt es sich hierbei jedoch nicht um völlige Neudefinitionen von Ansätzen, sondern eher um Verschiebungen von Bilanzanteilen. Unabhängig von den Abweichungen bieten beide Verfahren für sich genommen innerhalb ihrer Bilanzgrenzen plausible Ergebnisse.

Hinsichtlich der Berechnung des Heizwärmebedarfs erfolgt eine wesentliche Neuerung infolge der schrittweise erfolgenden Bilanzierung (Iteration) der internen Wärmeinträge. Die Wärmeinträge (solar, intern, Anlagentechnik) werden im Verfahren der DIN V 4108-6 vereinfacht pauschal angenommen und sind in einem Wert zusammengefasst. Im Ansatz der DIN V 18599 erfolgt die explizite Berechnung des Energiebedarfs für Beleuchtung (bei Nichtwohngebäuden) und der Wärmeabgabe von anlagentechnischen Komponenten, letztere in der Regel abhängig von den Umgebungstemperaturen. Diese berechneten Größen gehen nachfolgend schrittweise in die Bedarfsermittlung ein.

Eine Gegenüberstellung weiterer Unterschiede in den Berechnungsverfahren ist in Tafel 5 aufgeführt.

Tafel 5: Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren

DIN V 4108 / DIN V 4701	DIN V 18599
Monatsbilanzverfahren (baulich)	Monatsbilanzverfahren (baulich und anlagentechnisch)
„Trennung der Gewerke“ Q_n und e_p	Keine Trennung
Nutzenergie Trinkwarmwasser pauschal (12,5 kWh/(m ² ·a))	Nutzenergie Trinkwarmwasser nach Nutzung (EFH und MFH) differenziert (12 und 16 kWh/(m ² ·a))
Interne Wärmeinträge pauschal (5 W/m ²)	Nutzenergie Trinkwarmwasser nach Nutzung (EFH und MFH) differenziert (2,1 und 4,2 W/m ²)
Heizwertbezug	Brennwertbezug
Bestandsanlagen in anderen Normteilen/Publicly Available Specification	Bestandsanlagen integriert

4.6 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

Seit dem 1. Januar 2009 muss bei Gebäuden, die unter den Anwendungsbereich des Gesetzes fallen – das sind praktisch alle Gebäude, für die auch Anforderungen gemäß Energieeinsparverordnung gelten – der Wärmeenergiebedarf anteilig mit erneuerbaren Energien gedeckt werden. Der Wärmeenergiebedarf stellt die Energiemenge (ohne Hilfsenergie) dar, die vom Wärmeerzeuger zu Heizzwecken und zur Warmwasserbereitung bereitgestellt werden muss (Bild 7). Im Falle der Gebäudekühlung zählt auch die Energiemenge für Kühlzwecke dazu.

Bei Verwendung fester Biomasse (z. B. Holzpellets oder Holzhackschnitzel), Erdwärme oder Umweltwärme (z. B. unter Einsatz von Wärmepumpen) muss der Wärmeenergiebedarf zu mindestens 50 % daraus gedeckt werden. Zusätzlich gelten bestimmte Anforderungen an die technischen Komponenten, wie z. B. Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen. Eine Deckung des Wärmeenergiebedarfs zu mindestens 30 % ist bei Einsatz von Biogas erforderlich. Wird solare Strahlungsenergie genutzt, beträgt der Deckungsanteil am Wärmeenergiebedarf mindestens 15 %.

Eine Pauschalisierung sieht das Gesetz vor, wenn die Warmwasserbereitung durch eine Solaranlage unterstützt wird. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern müssen

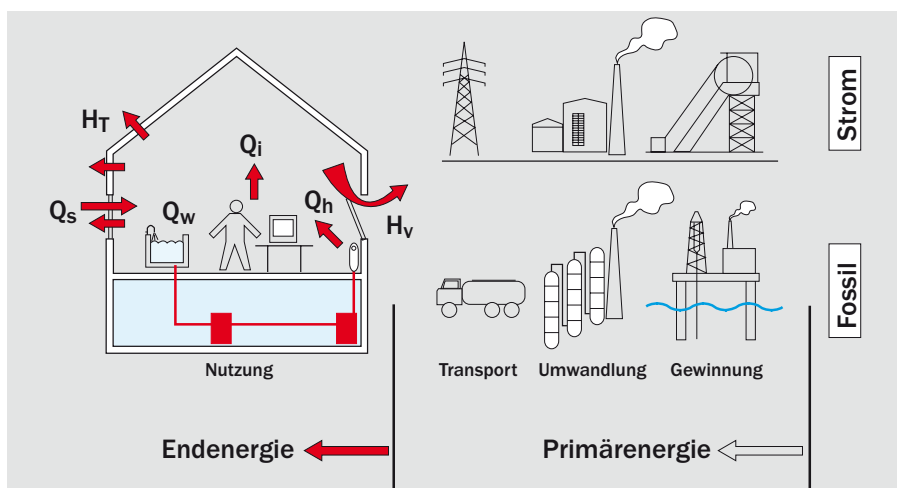


Bild 6: Schematische Darstellung der Einflussgrößen auf die Bilanzierung des Primärenergiebedarfs (Q_h Heizwärmebedarf; Q_w Warmwasserwärmebedarf; H_T Transmissionswärmeverlust; H_v Lüftungswärmeverlust; Q_s solare Wärmeinträge; Q_i interne Wärmeinträge)

4 m² Kollektorfläche pro 100 m² beheizter Nutzfläche (gem. EnEV) installiert werden. Bei größeren Gebäuden sind es 3 m² pro 100 m² beheizter Nutzfläche.

Diese Maßnahmen können auch kombiniert werden (z.B. 25 % über eine Wärmepumpe und 15 % über Nutzung von Biogas).

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, Ersatzmaßnahmen zu ergreifen. Hierzu zählen die Nutzung von Abwärme, beispielsweise aus Produktionsprozessen, oder die Nutzung von Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit einem Deckungsanteil des Wärmeenergiebedarfs von mind. 50 % sowie der Anschluss an ein Netz der Nah- oder Fernwärmeversorgung, das auf Basis erneuerbarer Energien über Kraft-Wärme-Kopplung oder Abwärme betrieben wird. Auch mit verbessertem Wärmeschutz, der zu einer Unterschreitung der (jeweils gültigen) EnEV-Anforderungen um mindestens 15 % führt, werden die Anforderungen des Gesetzes im Sinne einer Ersatzmaßnahme erfüllt.

Wer weder erneuerbare Energien nutzen noch Ersatzmaßnahmen ergreifen kann, ist von der Nutzungspflicht befreit. Führen Maßnahmen im Einzelfall zu einer unbilligen Härte, kann die zuständige Landesbehörde eine Befreiung von der Nutzungspflicht gewähren.

Grundsätzlich muss das Gesetz seit Inkrafttreten am 1. Januar 2009 beachtet werden. Die Anforderung gilt nicht für Vorhaben, bei denen der Bauantrag vor diesem Datum gestellt oder die Bauanzeige vorher erstattet wurde. Gleiches gilt für die nicht genehmigungsbedürftige Errichtung eines Gebäudes, wenn die erforderliche Kenntnissgabe vor dem 1. Januar 2009 erfolgt ist bzw. bei verfahrensfreien Vorhaben, wenn mit der Ausführung vor dem 1. Januar 2009 begonnen werden durfte oder rechtmäßig begonnen wurde.

5. ANFORDERUNGEN FÜR WOHNGEBÄUDE

5.1 Jahres-Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust

Die wesentlichen Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) werden bei Wohngebäuden über den Jahres-Primärenergiebedarf formuliert. Zusätzlich wird eine Anforderung an den spezifischen, auf die Wärme übertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust (mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient) gestellt.

Mit der Energieeinsparverordnung 2009 wird für Wohngebäude ein neues Anforderungsmodell eingeführt. Die Vorgabe einer Referenzbautechnik in Verbindung mit einer Referenzanlagentechnik führt zu einem Referenzgebäude, aus dem der

maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf eines Gebäudes resultiert.

Die Formulierung der Anforderungen über das Referenzgebäudeverfahren geschieht wie folgt: Unter Zugrundelegung der geplanten Gebäudegeometrie (Gebäudevolumen und Hüllfläche), der geplanten Gebäudeausrichtung und der Fenstergrößen wird die Gebäudehülle mit einer bestimmten Ausführung des baulichen Wärmeschutzes und mit einer bestimmten vorgegebenen Anlagentechnik ausgestattet. Berechnet man den Jahres-Primärenergiebedarf dieses Referenzgebäudes, so resultiert ein spezifischer Anforderungswert – der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf. Dieser zulässige Jahres-Primärenergiebedarf ist von dem tatsächlich zu errichtenden Gebäude mit der tatsächlich geplanten baulichen Ausführung und der tatsächlich geplanten Anlagentechnik einzuhalten bzw. zu unterschreiten. Die bauliche Ausführung des Referenzgebäudes „Wohngebäude“ ist in Tafel 6 aufgeführt. Eine grafische Darstellung aller wesentlichen Komponenten des Referenzgebäudes – auch die anlagentechnischen Elemente – zeigt Bild 8.

Zusätzlich zu den genannten Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf Q_p wird der spezifische Transmissionswärmeverlust H_T' begrenzt. Diese Größe, die eine Mindestqualität des baulichen Wärmeschutzes sicherstellen soll, wird abhängig von Gebäudetyp und -größe vorgegeben (Tafel 7).

5.2 Sommerlicher Wärmeschutz

Damit zu Wohn- und ähnlichen Zwecken dienende Gebäude im Sommer möglichst ohne Anlagentechnik zur Kühlung auskommen und zumutbare Temperaturen nur selten überschritten werden, darf der raumbezogene Sonneneintragskennwert gemäß DIN 4108-2 [14] den Höchstwert S_{zul} nicht überschreiten. Liegt der Fensterflächenanteil unter den in Tafel 8 angegebenen Grenzen, so gilt der Nachweis als erfüllt.

Bei Wohngebäuden sowie wohnähnlich genutzten Gebäuden ist davon auszugehen, dass bei Ausführung der Außen- und Innenwände in Mauerwerk aus Steinen der Rohdichteklasse $\geq 1,8$ sowie Stahlbetondecken eine schwere Bauart vorliegt.

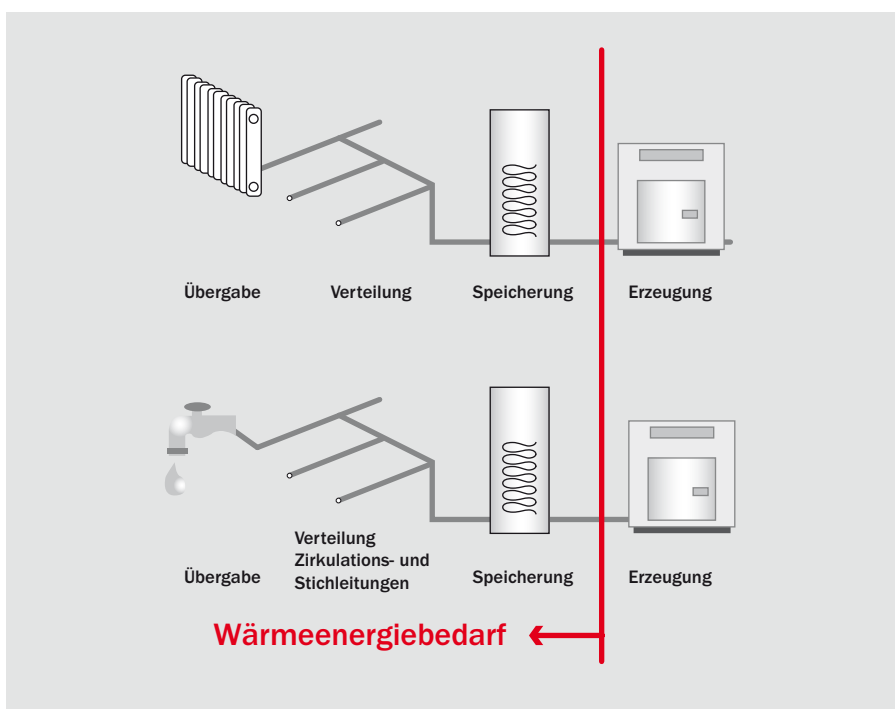


Bild 7: Definition des Wärmeenergiebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung. Im Falle der Gebäudekühlung ist der dazu erforderliche Energieanteil zusätzlich einzubeziehen.

Eine innenseitige wärmeschutztechnische Bekleidung der massiven Wände und Decken darf dabei nicht vorliegen.

Tafel 6: Bauliche Ausführung des Referenzgebäudes „Wohngebäude“ gemäß EnEV 2009

Zeile	Bauteil/System	Referenzausführung bzw. Wert (Maßeinheit)
1.1	Außenwand, Geschossdecke gegen Außenluft	$U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.2	Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (außer solche nach Zeile 1.1)	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.3	Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	$U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
1.4	Fenster, Fenstertüren	$U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); g = 0,60$
1.5	Dachflächenfenster	$U = 1,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); g = 0,60$
1.6	Lichtkuppeln	$U = 2,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); g = 0,64$
1.7	Außentüren	$U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
2	Wärmebrückenzuschlag (Bauteile nach 1.1 bis 1.7)	$\Delta U_{\text{WB}} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
3	Luftdichtheit der Gebäudehülle	Bei Berechnung nach ● DIN V 4108-6:2003-06: mit Dichtheitsprüfung ● DIN V 18599-2: 2007-02: nach Kategorie I

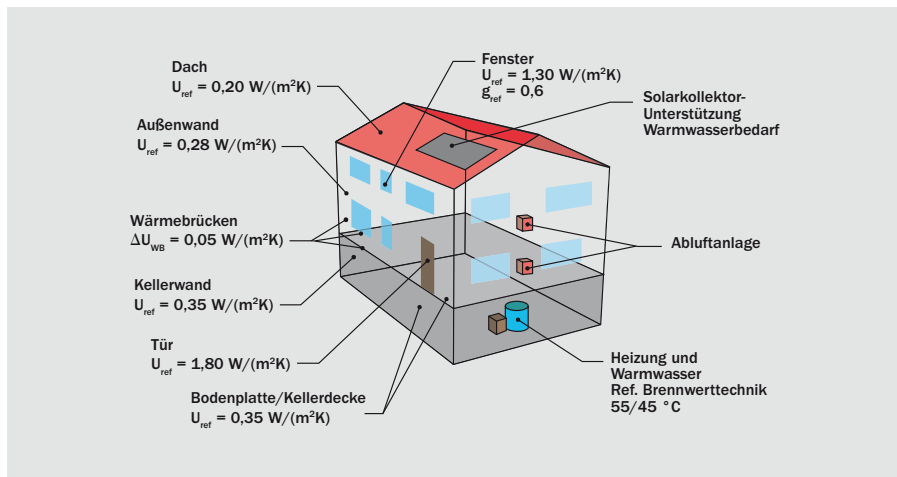


Bild 8: Referenzausführung für Wohngebäude (schematische Darstellung der wesentlichen Komponenten)

Tafel 7: Höchstwerte des spezifischen, auf die Wärme übertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts gemäß EnEV 2009

Zeile	Gebäudetyp	Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts	
1	Freistehendes Wohngebäude	mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$	$H'_T = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
		mit $A_N > 350 \text{ m}^2$	$H'_T = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
2	Einseitig angebautes Wohngebäude (z. B. Reihenhendhaus)	$H'_T = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
3	alle anderen Wohngebäude (z. B. Reihennittelhaus)	$H'_T = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
4	Erweiterungen und Ausbauten von Wohngebäuden gemäß § 9 Abs. 5	$H'_T = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Tafel 8: Zulässige Werte des grundflächenbezogenen Fensterflächenanteils, unterhalb dessen auf einen sommerlichen Wärmeschutznachweis verzichtet werden kann [14]

Neigung der Fenster gegenüber der Horizontalen	Orientierung der Fenster ¹⁾	Fensterflächenanteil, f [%] ²⁾
über 60° bis 90°	Nord-West- über Süd- bis Nord-Ost	10
	alle anderen Nordorientierungen	15
von 0° bis 60°	alle Orientierungen	7

ANMERKUNG: Den angegebenen Fensterflächenanteilen liegen Klimawerte der Region B nach DIN V 4108-6 zugrunde.

¹⁾ Sind beim betrachteten Raum mehrere Orientierungen mit Fenstern vorhanden, ist der kleinere Grenzwert für f_{AG} bestimmend.

²⁾ Der Fensterflächenanteil f ergibt sich aus dem Verhältnis der Fensterfläche (lichte Rohbaumaße) 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_{AG} aus der Summe aller Fensterflächen zur Grundfläche zu berechnen.

5.2.1 Bestimmung des Sonneneintragskennwerts

Für den bezüglich sommerlicher Überhitzung zu untersuchenden Raum oder die Raumgruppe ist der Sonneneintragskennwert S zu ermitteln.

$$S = \frac{\sum_j (A_{w,j} \cdot g_{\text{total},j})}{A_G}$$

mit

- A_W [m²] Fensterfläche, lichte Rohbaumaße
- A_G [m²] Grundfläche des Raumes oder Raumbereiches, lichte Raummaße
- g_{total} [-] Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung, einschließlich Sonnenschutz

Der Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g_{total} , einschließlich Sonnenschutz, kann vereinfacht berechnet werden. Genauere Verfahren sind in DIN V 4108-6 angegeben.

$$g_{\text{total}} = g \cdot F_C$$

mit

- g [-] Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung nach DIN EN 410 [15]
- F_C [-] Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen nach der unteren Tafel bzw. nach Prüfzeugnis

5.2.2 Höchstwert des Sonneneintragskennwerts

Der Sonneneintragskennwert S darf den Höchstwert S_{zul} nicht überschreiten, d.h.:

$$S \leq S_{\text{zul}}$$

Der Höchstwert S_{zul} wird als Summe der anteiligen Sonneneintragskennwerte in DIN V 4108-2 nach dem Bonus-Malus-Prinzip ermittelt. Hierbei finden die Klimaregion, die Bauart, eine ggf. mögliche Nachtlüftung, eine ggf. vorhandene Sonnenschutzverglasung und die Einbausituation des Fensters Berücksichtigung.

5.2.3 Bauart

Ohne Nachweis der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit ist die Bauart als „leicht“ einzustufen. Bei Wohngebäuden sowie wohnähnlich genutzten Gebäuden ist davon auszugehen, dass bei Ausführung der Außen- und Innenwände in Mauerwerk aus Steinen der Rohdichteklasse $\geq 1,8$ sowie Stahlbetondecken eine schwere Bauart vorliegt. Eine innenseitige wärmeschutztechnische Bekleidung der massiven Wän-

de und Decken darf dabei nicht vorliegen. Bei Ausführungen von Mauerwerk mit geringerer Rohdichteklasse ist in der Regel von einer mittleren Bauart auszugehen.

Ein einfaches, kostenfreies Programm zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes steht auf der KS-Homepage zum Download bereit.

5.3 Gebäudebestand

Bei bestehenden Gebäuden sieht die EnEV vor:

- Anforderungen bei baulichen Veränderungen an bestehenden Gebäuden,
- anlagentechnische und bauliche Nachrüstungsverpflichtungen sowie
- Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der energetischen Qualität.

Bei Änderungen von bestehenden Gebäuden greifen die Anforderungen, wenn der erstmalige Einbau, der Ersatz oder die Erneuerung einzelner Bauteile einen Anteil von 10 % der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes übersteigt. Es dürfen die in Tafel 10 aufgeführten maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten nicht überschritten werden. Der Wärmedurchgangskoeffizient für das erneuerte Bauteil kann dabei unter Berücksichtigung vorhandener Bauteilschichten ermittelt werden. Die Anforderungen gelten auch als erfüllt, wenn für das gesamte Gebäude – unter Berücksichtigung der baulichen Änderungen – der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf für Neubauten ($Q_{P,max,Neubau}$) um nicht mehr als 40 % überschritten wird.

Nachrüstverpflichtungen bei bestehenden Gebäuden und Anlagen aus der EnEV 2007 wurden fortgeschrieben und teilweise verschärft. Die Wärmedurchgangskoeffizienten der obersten Geschossdecke müssen den Wert von 0,24 W/(m²·K) einhalten. Für begehbare oberste Geschossdecken gilt eine Übergangsfrist bis zum 31. Dezember 2011. Heizkessel, die vor dem 1. Oktober 1978 aufgestellt wurden, sind außer Betrieb zu nehmen. Diese Regelung gilt nicht für bestehende Niedertemperatur- oder Brennwertkessel und Anlagen, deren Nennleistung weniger als 4 kW oder mehr als 400 kW beträgt.

Eigentümer von Gebäuden müssen bei heizungstechnischen Anlagen ungedämmte, zugängliche Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen, die sich

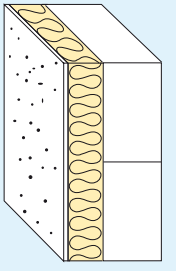
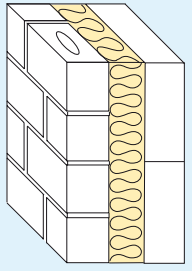
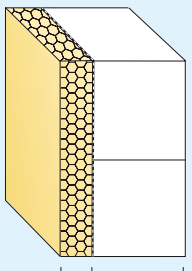
Tafel 9: Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren F_c von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen; Auszug aus [19]

Beschaffenheit der Sonnenschutzvorrichtung	Abminderungsfaktor F_c
Ohne Sonnenschutzvorrichtung	1,0
Innen liegend und zwischen den Scheiben liegend – weiß oder reflektierende Oberfläche mit geringer Transparenz	0,75
Außen liegend – Drehbare Lamellen, hinterlüftet	0,25
Außen liegend – Jalousien, allgemein	0,40
Außen liegend – Rollläden, Fensterläden	0,30

Tafel 10: Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile bei Änderungen im Gebäudebestand

Bauteil	Gebäude mit normalen Innentemperaturen	Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen
	U_{max} [W/(m ² ·K)]	
Außenwände	$U_{AW} \leq 0,24-0,35$	$U_{AW} \leq 0,35$
Fenster, Fenstertüren Verglasungen	$U_w \leq 1,30-1,40$ $U_g \leq 1,10$	$U_w \leq 1,90$ $U_g \leq 1,90$
Außentüren	$U_T \leq 2,9$	$U_T \leq 2,9$
Decken, Dächer	$U_d \leq 0,20-0,24$	$U_d \leq 0,35$
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich	U_v bzw. $U_g \leq 0,30-0,50$	keine Anforderungen
Decken nach unten an Außenluft	$U_g \leq 0,24$	keine Anforderungen

Tafel 11: Außenwände aus Kalksandstein, Beispiele

Außenwände	Kellerwand (beheizter Keller)	
KS-Thermohaut (Kalksandstein + WDVS)	Zweischalige KS-Außenwand	
		

- Die regionalen Lieferprogramme sind zu beachten.
- Die angegebenen U-Werte gelten bei Wärmedämmstoffen mit $\lambda = 0,035$ W/(m·K).
- Aus Gründen der Winddichtigkeit ist auf der Innenseite der Tragschale ein Putz aufzubringen.
- Der bei Perimeterdämmung üblicherweise nach abZ anzusetzende Zuschlag $\Delta U = 0,04$ W/(m·K) ist bereits berücksichtigt.

Tafel 12: Wärmedämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen, Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen

Zeile	Art der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m·K)
1	Innendurchmesser bis 22 mm	20 mm
2	Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm	30 mm
3	Innendurchmesser über 35 mm bis 100 mm	gleich Innendurchmesser
4	Innendurchmesser über 100 mm	100 mm
5	Leitungen und Armaturen nach den Zeilen 1 bis 4 in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
6	Leitungen von Zentralheizungen nach den Zeilen 1 bis 4, die nach dem 31. Januar 2002 in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
7	Leitungen nach Zeile 6 im Fußbodenaufbau	6 mm
8	Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen	6 mm

nicht in beheizten Räumen befinden, zur Begrenzung der Wärmeabgabe dämmen. Die Anforderungen an die einzuhaltenden Dämmdicken sind in Tafel 12 zusammengefasst.

Für Wohngebäude mit nicht mehr als zwei Wohnungen, die vom Eigentümer bewohnt werden, gelten in Abhängigkeit vom Datum des Eigentumsübergangs spezielle Anforderungen bzw. Übergangsfristen für die zuvor genannten Nachrüstverpflichtungen.

Darüber hinaus werden Festlegungen zur Aufrechterhaltung der energetischen Qualität getroffen. Der bestehende Wärmeschutz der Bauteile darf nicht verringert werden, energiebedarfssenkende Einrichtungen sind betriebsbereit zu halten.

5.4 Heizungstechnische Anlagen, Warmwasseranlagen und Wärmeverteilung, Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien

Die EnEV sieht vor, dass als Wärmeerzeuger bei neu zu errichtenden Gebäuden grundsätzlich alle im europäischen Binnenmarkt zulässigen Heizkessel eingesetzt werden dürfen. Die CE-Kennzeichnung, die die Konformitätserklärung des Herstellers dokumentiert, ist jedem Heizkessel beizulegen. Somit ist es möglich, bei neu zu errichtenden Gebäuden auch Standardheizkessel, also Geräte mit vergleichsweise schlechter Energieeffizienz, einzubauen. Bei Einsatz eines Heizkessels im Gebäudebestand wird gefordert, dass diese Kessel dem Stand der Niedertemperatur- oder Brennwerttechnik entsprechen müssen.

Heizungsanlagen sind grundsätzlich mit Einrichtungen auszustatten, die es ermöglichen, die gesamte Anlage oder auch Teile (Pumpen, Ventile) zeitabhängig oder in Abhängigkeit einer geeigneten Führungsgröße zu steuern bzw. zu regeln. Weiterhin müssen Heizungsanlagen raumweise regelbar sein (z. B. Thermostatventile). Umwälzpumpen sind selbsttätig steuer- oder regelbar auszuführen. Darüber hinaus gelten für neu zu errichtende Gebäude die in Tafel 12 aufgeführten Anforderungen an die Wärmedämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen.

Strom aus erneuerbaren Energien (z. B. aus Photovoltaikanlagen oder Blockheizkraftwerken) darf im Nachweisverfahren angerechnet werden, wenn er in unmittelbarem räumlichen Zusammenhang mit dem Gebäude erzeugt und vorrangig im Gebäude selbst genutzt wird.

5.5 Raumluftkühlung

Wird die Raumluft gekühlt, sind der berechnete Jahres-Primärenergiebedarf und der Endenergiebedarf (elektrische Energie) je nach der zur Kühlung eingesetzten Technik je m² gekühlter Gebäudenutzfläche wie folgt zu erhöhen:

a) bei Einsatz von fest installierten Raumklimageräten (Split-, Multisplit- oder Kompaktgeräte) der Energieeffizienzklassen A, B oder C sowie bei Kühlung mittels Wohnungslüftungsanlagen mit reversibler Wärmepumpe der Jahres-Primärenergiebedarf um 16,2 kWh/(m²·a) und der Endenergiebedarf um 6 kWh/(m²·a),

b) bei Einsatz von Kühlflächen im Raum in Verbindung mit Kaltwasserkreisen und elektrischer Kälteerzeugung, z. B. über reversible Wärmepumpe der Jahres-Primärenergiebedarf um 10,8 kWh/(m²·a) und der Endenergiebedarf um 4 kWh/(m²·a),

c) bei Deckung des Energiebedarfs für Kühlung aus erneuerbaren Wärmesenken (wie Erdsonden, Erdkollektoren, Zisternen) der Jahres-Primärenergiebedarf um 2,7 kWh/(m²·a) und der Endenergiebedarf um 1 kWh/(m²·a),

d) bei Einsatz von Geräten, die nicht unter Buchstabe a bis c aufgeführt sind, der Jahres-Primärenergiebedarf um 18,9 kWh/(m²·a) und der Endenergiebedarf um 7 kWh/(m²·a).

5.6 Energieausweise

Wird ein Gebäude errichtet oder geändert und werden im Zusammenhang mit der Änderung die erforderlichen Berechnungen gemäß Energieeinsparverordnung durchgeführt, so ist dem Eigentümer ein Energieausweis unter Zugrundelegung der energetischen Eigenschaften des fertiggestellten oder geänderten Gebäudes auszustellen. Wird das beheizte oder gekühlte Volumen eines Gebäudes um mehr als die Hälfte erweitert und werden dabei Berechnungen des Jahres-Primärenergiebedarfs für das gesamte Gebäude durchgeführt, ist ebenfalls ein Energieausweis zu erstellen. Der Eigentümer hat den Energieausweis der nach Landesrecht zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.

Beim Verkauf eines Gebäudes hat der Verkäufer dem Kaufinteressenten einen Energieausweis zugänglich zu machen.

- Der Energieausweis bezieht sich – auch beim Verkauf von Wohnungs- und Teileigentum – auf das gesamte Gebäude.

- Im Falle gemischt genutzter Gebäude (z. B. Gebäude, die teilweise Büronutzung und teilweise Wohnnutzung aufweisen) ist der Energieausweis für die entsprechenden Teile des Gebäudes auszustellen.

Die zuvor genannte Anforderung gilt für den Vermieter, Verpächter und Leasinggeber entsprechend bei der Vermietung, der Verpachtung oder beim Leasing eines Gebäudes, einer Wohnung oder einer sonstigen selbständigen Nutzungseinheit.

Für Gebäude mit mehr als 1000 m² Nettogrundfläche, in denen Behörden und sonstige Einrichtungen öffentliche Dienstleistungen erbringen, sind Energieausweise auszustellen und an einer für die Öffentlichkeit gut sichtbaren Stelle auszuhängen.

Die jeweils zehn Jahre gültigen Energieausweise sind mit Inkrafttreten der EnEV 2009 in allen zuvor genannten Fällen grundsätzlich auszustellen. Die Übergangsfristen zur Ausstellungspflicht, die aus der EnEV 2007 übernommen wurden, sind verstrichen.

Während für Neubauten und in größerem Umfang energetisch modernisierte Bestandsgebäude der Energieausweis auf Basis des Energiebedarfs (berechnete Größe) zu erstellen ist, kann bei bestehenden Gebäuden auch der Energieverbrauch (messtechnisch ermittelte Größe) angegeben werden. Besondere Regelungen zur Aufnahme der Daten von Bestandsgebäuden zur Erstellung von Energiebedarfsausweisen sowie die Vorgehensweise zu Aufnahme und Witterungsreinigung von Verbrauchsdaten sind in Richtlinien des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Städtebau (BMVBS) aufgeführt.

Den Energieausweisen von Bestandsgebäuden (Energiebedarfsausweisen und Energieverbrauchsausweisen) sind Modernisierungsempfehlungen mit Angabe von kostengünstigen Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Qualität des Gebäudes beizufügen.

Die entsprechenden Formulare sind in den Anhängen 6 bis 10 der EnEV aufgenommen.

Der Energiebedarfsausweis ermöglicht sinnvolle Aussagen über die energetische Qualität eines Gebäudes und bei Bestandsgebäuden zusätzlich empfehlenswerte Modernisierungsmaßnahmen.

5.7 Umsetzung der EnEV

War bislang der Bauherr für die Einhaltung der Vorschriften der Energieeinsparverordnung verantwortlich, so sind in der EnEV 2009 explizit auch die Personen einbezogen, die im Auftrage des Bauherrn bei entsprechenden Maßnahmen an dem Gebäude tätig werden.

Speziell für die Fälle der Änderung von Außenbauteilen, der Dämmung oberster Geschossdecken sowie dem erstmaligen Einbau oder Ersatz von anlagentechnischen Komponenten wird eine sogenann-

te Fachunternehmererklärung gefordert. Hiermit erklärt der Unternehmer, dass er alle Arbeiten entsprechend den Anforderungen der Energieeinsparverordnung ausgeführt hat.

Eine Prüfung der Ausführung von Nachrüstungsverpflichtungen für anlagentechnische Komponenten (Heizkessel, Rohrleitungsdämmung) und die Anforderungen hinsichtlich der energetischen Qualität von regelungstechnischen Anlagen und neu eingebauter Umwälzpumpen erfolgt künftig durch den Bezirksschornsteinfegermeister. Dieser weist den Gebäudeeigentümer auf ggf. vorliegende Unzulänglichkeiten hin.

6. BERECHNUNG DES JAHRES-HEIZWÄRMEBEDARFS FÜR WOHNGEBÄUDE GEMÄSS DIN V 4108-6

6.1 Monatsbilanz

Neben dem so genannten Heizperiodenverfahren bietet DIN V 4108-6 [4] das genauere Monatsbilanzverfahren an. Im Rahmen des rechnerischen Nachweises gemäß EnEV 2009 ist ausschließlich das Monatsbilanzverfahren zu verwenden, das nachfolgend in den Grundzügen erläutert wird.

Für jeden Monat wird die Verlust-Gewinn-Bilanz durchgeführt. Anschließend erfolgt die Addition aller positiven monatlichen Bilanzwerte für das gesamte Jahr.

$$Q_{h,M} = Q_{i,M} - \eta_M \cdot Q_{g,M}$$

mit
 $Q_{i,M}$ monatlicher Verlust,
 $Q_{g,M}$ monatlicher Gewinn,
 η_M monatlicher Ausnutzungsgrad

Infolge der Wärmetransmission (Wärmedurchgang durch die Bauteile) und der Gebäudeelüftung (Ventilation) entstehen die monatlichen Verluste. Die Anteile werden entsprechend als Transmissionswärmeverluste H_T und Lüftungswärmeverluste H_V gekennzeichnet. Der monatliche Verlust wird wie folgt bestimmt:

$$Q_{i,M} = 0,024 \cdot (H_T + H_V) \cdot (\vartheta_e - \vartheta_i) \cdot t_M$$

Dabei sind
 H_T spezifischer Transmissionswärmeverlust [W/K],
 H_V spezifischer Lüftungswärmeverlust [W/K],
 ϑ_e mittlere monatliche Außentemperatur [°C],
 ϑ_i Soll-Innentemperatur in der beheizten Zone [°C] (Mittlere Gebäudeinnentemperatur),

t_M Anzahl der Tage im jeweiligen Monat [d]
 0,024 Umrechnung: 0,024 kWh = 1 Wd.

Die monatlichen Wärmegewinne setzen sich zusammen aus den monatlichen Strahlungsgewinnen $\Phi_{s,M}$ und den monatlichen internen Wärmegewinnen $\Phi_{i,M}$.

$$Q_{g,M} = 0,024 \cdot (\Phi_{s,M} + \Phi_{i,M})$$

mit
 $\Phi_{s,M}$ mittlerer monatlicher Solarstrahlungsgewinn [W],
 $\Phi_{i,M}$ Wärmegewinn aus internen Wärmequellen [W]

6.2 Wärmebrücken und Luftdichtheit

Für die Bestimmung des Jahres-Heizwärmeverbedarfs im Rahmen des Nachweisverfahrens der Energieeinsparverordnung sind die Aspekte Wärmebrücken und Luftdichtheit besonders hervorzuheben. Über „Bonusanreize“, die eine gute Detailplanung – und natürlich auch eine gute Detailausführung – belohnen, wird eine verbesserte Qualität der Baukonstruktion und der Gebäude erreicht. Die genannten Aspekte fließen ein in die Bestimmung der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste.

6.2.1 Transmissionswärmeverluste

Die rechnerische Bestimmung der Transmissionswärmeverluste erfolgt unter Berücksichtigung der einzelnen Bauteilflächen, der entsprechenden Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) und der Temperatur-Korrekturfaktoren, die in Abhängigkeit von Art und Lage des Bauteils angesetzt werden. Die Wärmeverluste im Bereich von Wärmebrücken werden über den Wärmebrückenkorrekturwert ΔU_{WB} erfasst. Dieser Wärmebrückenkorrekturwert wird mit der gesamten Wärmeübertragenden Umfassungsfläche A_{ges} multipliziert und zu den Wärmeverlusten über die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle addiert.

$$H_T = \sum (F_i \cdot U_i \cdot A_i) + \Delta U_{WB} \cdot A_{ges}$$

bzw.

$$H_T = U_{AW} \cdot A_{AW} + U_W \cdot A_W + F_D \cdot U_D \cdot A_D + F_G \cdot U_G \cdot A_G + U_{DL} \cdot A_{DL} + F_{AB} \cdot U_{AB} \cdot A_{AB} + \Delta U_{WB} \cdot A_{ges}$$

mit
 U Wärmedurchgangskoeffizient
 A Bauteilfläche
 F_D, F_G, F_{AB} Temperatur-Korrekturfaktoren

INFOKASTEN: PASSIVE SOLARENERGIEGEWINNE

Infolge der auf Außenbauteile auftreffenden Sonneneinstrahlung können die Wärmeverluste vermindert oder Wärmegewinne erzielt werden. Bei Verglasungen wird zur Kennzeichnung üblicherweise der Gesamenergiedurchlassgrad g benutzt, wie er im Bild definiert ist. Die Wärmestromdichte q durch die Verglasung ergibt sich dann zu

$$q = U_g \cdot (\theta_i - \theta_e) - g \cdot I$$

$$g = \tau + U_g \cdot \left(\frac{\alpha_a + \alpha_i}{h_e} + \alpha_i \cdot R \right)$$

- mit
- g [-] wirksamer Gesamenergiedurchlassgrad
 - θ_i, θ_e [°C] Lufttemperaturinnen und außen
 - I [W/m²] Strahlungsintensität
 - U_g [W/(m²·K)] Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung
 - τ [-] Transmissionsgrad
 - α_a, α_i [-] Absorptionsgrad der äußeren und der inneren Scheibe
 - h_e [W/(m²·K)] Wärmeübergangskoeffizient außen
 - R [(m²·K)/W] Wärmedurchlasswiderstand der Verglasung

Der g -Wert von Zweischeiben-Wärmedämmverglasung liegt bei ca. 0,6 und bei Dreischeiben-Wärmedämmverglasung bei ca. 0,55.

Bei opaken Bauteilen, wie üblichen Außenwänden und Dächern, kann nach gleichem Ansatz ein g -Wert definiert werden (vgl. Bild).

$$g = U \cdot \alpha_s / h_e$$

- mit
- α_s [-] Absorptionsgrad für Sonneneinstrahlung
 - h_e [W/(m²·K)] Wärmeübergangskoeffizient außen

Die bei opaken gegenüber transparenten Bauteilen wesentlich geringere Nutzungsmöglichkeit von Sonneneinstrahlung kann anhand obiger Gleichungen leicht ermittelt werden.

Die Wärmeströme Φ_s , die durch Fenster und opake Außenbauteile in das Gebäude gelangen, werden gemäß DIN V 4108-6 bestimmt. Bei opaken Außenbauteilen wird die langwellige Abstrahlung mit berücksichtigt.

Transparente Bauteile:

$$\Phi_s = \sum \left(I_i \cdot F_{s,i} \cdot F_{C,i} \cdot F_{F,i} \cdot g_i \cdot A_i \right)$$

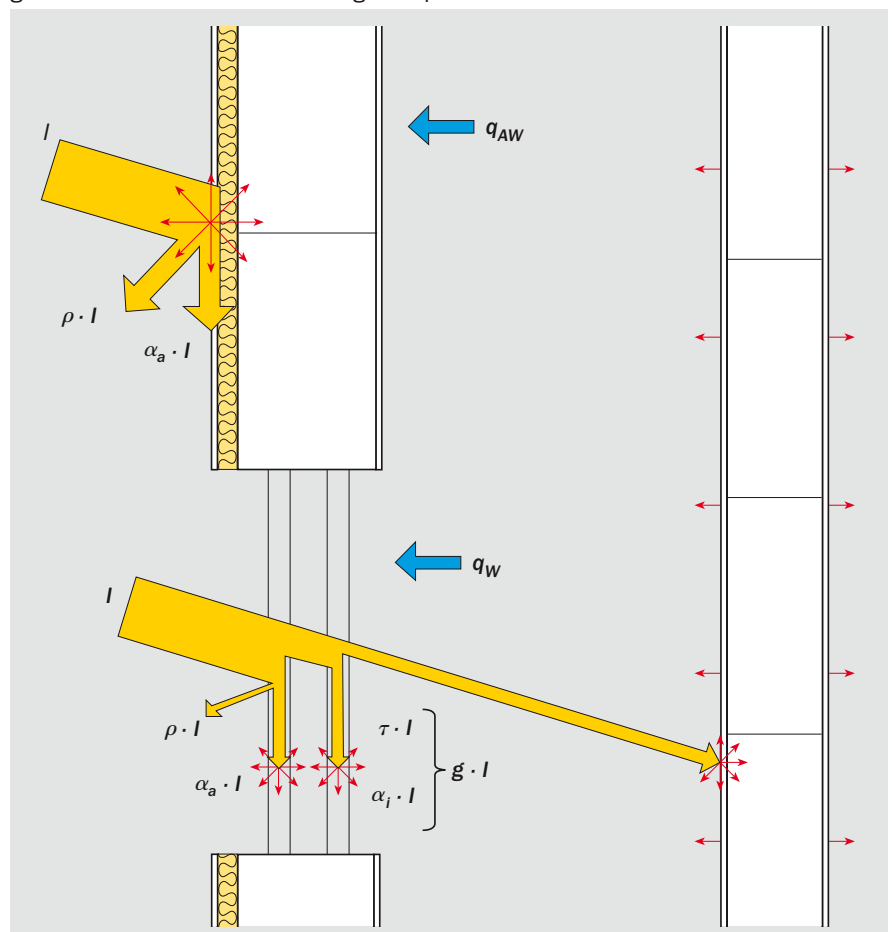
Opake Bauteile:

$$\Phi_s = \sum \left[A_i \cdot U_i \cdot R_e \cdot (\alpha_{s,i} \cdot I_i - F_{f,i} \cdot h_{r,i} \cdot \Delta\theta_{er}) \right]$$

- mit
- I [W/m²] Strahlungsintensität
 - F_s, F_c [-] Minderungsfaktor infolge Verschattung und Sonnenschutz

- F_f [-] Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil
- g [-] wirksamer Gesamenergiedurchlassgrad
- A [m²] Fläche des Bauteils
- U [W/(m²·K)] Wärmedurchgangskoeffizient
- R_e [(m²·K)/W] Wärmeübergangswiderstand außen
- α_s [-] Absorptionsgrad des opaken Bauteils
- F_f [-] Formfaktor
- h_r [W/(m²·K)] äußerer Abstrahlungskoeffizient
- $\Delta\theta_{er}$ [K] Temperaturdifferenz Außenluft/Himmel

Sonneneinstrahlung bei Verglasungen und Definition des Gesamenergiedurchlasses sowie Sonneneinstrahlung bei opaken Bauteilen



Indices:

- AW Außenwand
- W Fenster
- D Dach
- G gegen Erdreich
- DL Decken nach unten gegen Außenluft
- AB gegen unbeheizte Räume
- WB Wärmebrücke
- ges gesamte Wärme übertragende Hüllfläche

Als ΔU_{WB} wird 0,10 W/(m²·K) vorgesehen, es sei denn, die Regelkonstruktionen entsprechen den in DIN 4108, Beiblatt 2 [16] dargestellten Musterlösungen (z. B. Bild 9).

Ist eine Gleichwertigkeit der in Planung und Ausführung vorgesehenen Anschlüsse mit den im Beiblatt aufgenommenen Anschlusslösungen durch die dargestellten konstruktiven Grundprinzipien unter Berücksichtigung der Bauteilabmessungen und Dämmschichtstärken gegeben, darf ΔU_{WB} zu 0,05 W/(m²·K) angesetzt werden. Sind die konstruktiven Grundprinzipien nicht vergleichbar, besteht die Möglichkeit, den Wärmebrückenverlustkoeffizienten ψ (längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient) eines Anschlusses zu berechnen bzw. Herstellerangaben oder Wärmebrückenkatalogen zu entnehmen. Dieser Wert muss den jeweiligen im Beiblatt aufgeführten Referenzwert unterschreiten. Beim Gleichwertigkeitsnachweis sind die im Beiblatt aufgenommenen Wärmebrücken zu berücksichtigen [4] an:

- Gebäudekanten,
- Fenster- und Türleibungen,
- Wand- und Deckeneinbindung,
- Deckenaufleger und
- thermisch entkoppelten Balkonplatten.

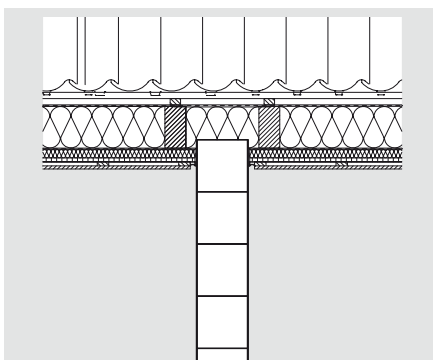


Bild 9: Beispiel einer Ausführung des Dach-Innenwand-Anschlusses in Anlehnung an DIN 4108, Beiblatt 2

Ein Nachweis der in DIN 4108, Beiblatt 2 nicht aufgeführten Anschluss-details ist nicht erforderlich.

Weiterhin besteht die Möglichkeit des detaillierten Nachweises über einzelne Wärmebrückenverlustkoeffizienten (ψ -Werte), die aus Wärmebrückenkatalogen wie z. B. [17 bis 21] entnommen werden können. Hierzu sind die beim zuvor beschriebenen Gleichwertigkeitsnachweis zu berücksichtigende Wärmebrücken eines Gebäudes einzubeziehen und in dem ΔU_{WB} -Wert zusammenzufassen:

$$\Delta U_{WB} = \frac{\sum_i (F_i \cdot \psi_i \cdot l)}{A_{ges}}$$

Mit dem detaillierten Nachweis wärmetechnisch besserer Details lassen sich ΔU_{WB} -Werte von 0,02 W/(m·K) und kleiner erzielen, die zu erheblichen Verbesserungen in der Energiebilanz beitragen können.

Für Fassaden, bei denen die wesentlichen Wärmebrückenwirkungen bereits im U-Wert erfasst sind, darf ΔU_{WB} für diese Flächen zu Null gesetzt werden.

Die zuvor genannte Gleichung zur Berechnung des Transmissionswärmeverlustes H_T wird auch für den Nachweis der Zusatzanforderung der EnEV 2009 herangezogen. Der spezifische, auf die Wärme übertragende Umfassungsfläche (A_{ges}) bezogene Transmissionswärmeverlust ist wie folgt zu ermitteln:

$$H_T' = \frac{H_T}{A_{ges}}$$

6.2.2 Lüftungswärmeverluste

Wegen der erhöhten Luftdichtheit der Gebäudehülle und der vorgesehenen separaten Berücksichtigung der Wärmebrückenwirkungen wird ein Luftwechsel von 0,7 h⁻¹ angesetzt. Falls bei natürlich belüfteten Gebäuden mittels messtechnischer Überprüfung die Einhaltung des Grenzwerts der Luftdichtheit gemäß DIN V 4108-7 ($n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$) nachgewiesen wird, kann ein Luftwechsel von 0,6 h⁻¹ bei Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung bzw. 0,55 h⁻¹ bei Abluftanlagen in Ansatz gebracht werden. Der Lüftungswärmeverlust berechnet sich zu:

$$H_V = 0,34 \cdot n \cdot V$$

Bei Verwendung einer mechanischen Lüftungsanlage und Inanspruchnahme des entsprechenden Bonus ist die messtechnische Überprüfung des entsprechenden Grenzwertes von $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ erforderlich.

Die Prüfung der Luftdichtheit erfolgt nach DIN EN 13829 [22] mit dem Verfahren B (Prüfung der Gebäudehülle). In diesem Verfahren wird die Qualität der Gebäudehülle ohne die eingebauten haustechnischen Anlagen bewertet. Dabei ist es notwendig, alle Fenster und Fenstertüren zu schließen und Zu- bzw. Abluftdurchlässe von raumluftechnischen Anlagen (dazu gehört nicht die direkt ins Freie fördernde Dunstabzugshaube), Außenwandluftdurchlässe (ALD-Lüftungseinrichtungen) sowie die raumseitigen Öffnungen raumlufabhängiger Feuerstätten temporär abzudichten. Die nicht der Lüftung dienenden Öffnungen (z. B. Briefkastenschlitze und Katzenklappen) bleiben unverändert und dürfen für die vorgesehene Prüfung nicht abgedichtet werden. Der Nachweis der Dichtheit des Gebäudes ist im Zusammenhang mit seiner Fertigstellung (nach Beendigung aller die Luftdichtheitsebene tangierenden Arbeiten) zu führen [23].

Bei Nichteinhalten der bei Bauantragstellung zugrunde gelegten Luftdichtheit ist nachzubessern, ähnlich wie dies z. B. auch bei brandschutztechnischen Belangen der Fall ist.

6.3 Wärmespeicherfähigkeit

Die Wärmespeicherfähigkeit eines Gebäudes fließt ein in die Bestimmung des Ausnutzungsgrades solarer und interner Wärmegewinne sowie in die Ermittlung der Energieeinsparung durch unterbrochenen Heizbetrieb (Nachtabschaltung).

6.3.1 Ausnutzungsgrad

Die Quantifizierung der nutzbaren solaren und internen Wärmegewinne erfolgt dabei über einen Ausnutzungsgrad, der vom Wärmegewinn/Wärmeverlust-Verhältnis abhängig ist. Dabei ist die wirksame Wärmespeicherfähigkeit im Berechnungsverfahren der DIN V 4108-6 anzusetzen für:

- leichte Gebäude mit $C_{wirk} = 15 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \cdot V_e$ und für
- schwere Gebäude mit $C_{wirk} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \cdot V_e$ beinhaltet dabei das Bruttovolumen des Gebäudes.

Eine genauere Ermittlung der Wärmespeicherfähigkeit kann gemäß DIN V 4108-6 erfolgen:

$$C_{\text{wirk}} = \sum_i (c_i \cdot \rho_i \cdot d_i \cdot A_i)$$

mit

c [Wh/(kg·K)]	spezifische Wärmekapazität
ρ [kg/m ³]	Rohdichte
d [m]	wirksame Schichtdicke
A [m ²]	Bauteilfläche

Die Aufsummierung erfolgt über alle Bauteilflächen des Gebäudes, die mit der Raumluft in Berührung kommen, wobei nur die wirksamen Schichtdicken d_i berücksichtigt werden. Zur Bestimmung der wirksamen Schichtdicken gelten folgende Regelungen:

- bei Schichten mit einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i \geq 0,1 \text{ W/(m·K)}$,
 - die einseitig an Raumluft grenzen, gilt: Aufsummierung aller Schichten bis zu einer maximalen Gesamtdicke von $d_{i,max} = 0,10 \text{ m}$;
 - die beidseitig an die Raumluft grenzen (Innenbauteile), gilt: halbe Bauteildicke bei einer Schicht, wenn die Dicke $\leq 20 \text{ cm}$ ist, oder höchstens 10 cm , wenn die Dicke $> 20 \text{ cm}$ ist. Bei mehreren Schichten: Vorgehensweise wie zuvor beschrieben, allerdings beidseitig angewendet.
- bei raumseitig vor Wärmedämmschichten (z.B. Estrich auf einer Wärmedämmschicht) liegenden Schichten mit einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i \geq 0,1 \text{ W/(m·K)}$ dürfen nur die Dicken der Schichten bis maximal 10 cm in Ansatz gebracht werden. Als Wärmedämmschicht gelten Baustoffe mit Wärmeleitfähigkeiten $\lambda_i < 0,1 \text{ W/(m·K)}$ und einem Wärmedurchlasswiderstand $R_i > 0,25 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$.

Bei Außenbauteilen wird die Fläche A_i über Außenmaße (Bruttofläche) und bei Innenbauteilen über die Innenmaße (Nettofläche) bestimmt.

Die so ermittelte Wärmespeicherfähigkeit kann auch für die zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 erforderliche Einstufung – leichte, mittlere oder schwere Bauart – herangezogen werden.

Ein einfaches, kostenfreies Programm zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes steht auf der KS-Homepage zum Download bereit.

Für eine detailliertere Betrachtung sind Hinweise in DIN EN ISO 13786 [24] enthalten.

6.3.2 Nachtabstaltung

Die Energieeinsparung durch Nachtabstaltung wird über ein detailliertes Berechnungsverfahren ermittelt, wobei die wirksame Wärmespeicherfähigkeit für

- leichte Gebäude mit $C_{\text{wirk,NA}} = 12 \text{ Wh/(m}^3\cdot\text{K)} \cdot V_e$ und für
- schwere Gebäude mit $C_{\text{wirk,NA}} = 18 \text{ Wh/(m}^3\cdot\text{K)} \cdot V_e$

anzusetzen ist, falls nicht eine detaillierte Ermittlung erfolgt. Bei der Bestimmung der Wärmespeicherfähigkeit gemäß dem oben dargestellten Ansatz der DIN V 4108-6 ist zu beachten, dass hier nur mit einer wirksamen Dicke der an die Raumluft angrenzenden Schichten von höchstens 3 cm gerechnet wird.

Die Heizunterbrechungsdauer ist bei Wohngebäuden mit sieben Stunden anzusetzen.

6.4 Nicht beheizte Treppenhäuser

Nicht beheizte Treppenhäuser oder angrenzende Gebäudeteile mit wesentlich niedrigeren Raumtemperaturen (Bild 10) können alternativ auf zwei Arten behandelt werden. Dabei ist es unerheblich, ob derartige Räume in das Gebäude integriert oder an das Gebäude angelehnt werden.

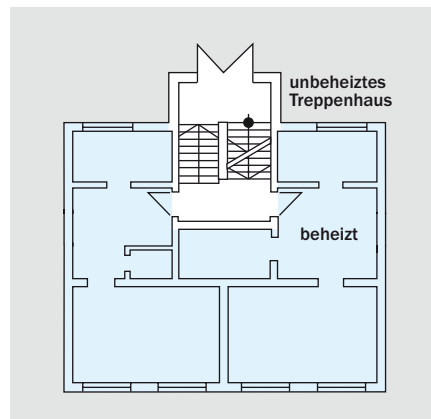


Bild 10: Behandlung unbeheizter Treppenhäuser

Fall 1 (Bild 11)

Das unbeheizte Treppenhaus wird in das beheizte Gebäude mit einbezogen. Die an die Außenluft grenzenden Bauteile des Treppenhauses gehören zur Wärme übertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes. Das Volumen V wird unter Einbeziehung des Treppenhauses ermittelt.

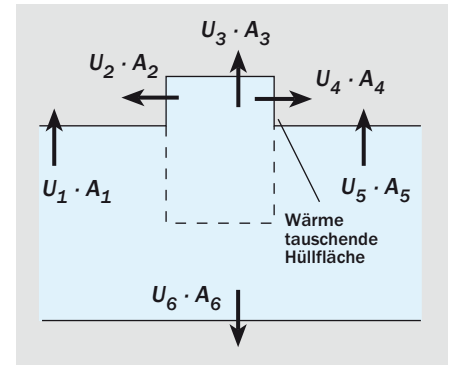


Bild 11: Berechnung nach EnEV „einschließend“ - Fall 1

Fall 2 (Bild 12, alternativ zu Fall 1)

Das unbeheizte Treppenhaus wird aus dem beheizten Gebäude ausgegrenzt. Die Bauteile zwischen beheiztem Gebäude und Treppenhaus gehören zur Wärme übertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes. Der Wärmedurchgangskoeffizient dieser Bauteile darf mit dem Faktor $0,5$ gewichtet werden. Das Volumen V wird unter Ausschluss des Treppenhauses ermittelt.

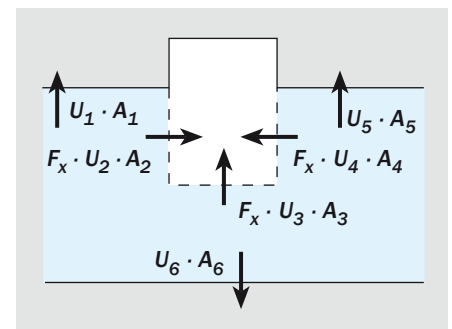


Bild 12: Berechnung nach EnEV „ausgrenzend“ - Fall 2

Für den EnEV-Nachweis empfiehlt es sich, die Wärme übertragende Umfassungsfläche gemäß Fall 1 zu wählen. Die Behandlung nach Fall 2 hätte zur Folge, dass – zumindest im Referenzgebäude – die Wände zum Treppenhaus mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von $0,35 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ anzusetzen wären.

6.5 Maßbezüge

Bezüglich der Ermittlung der Wärme übertragenden Umfassungsfläche eines Gebäudes verweist die Energieeinsparverordnung auf DIN EN ISO 13789 [30] Anhang B und führt aus, dass der Fall „Außenabmessung“ zu verwenden ist. Die Norm greift allerdings nicht alle baupraktisch relevanten Fälle auf. Für eine wärmetechnisch sinnvolle Betrachtung sollten

zusätzlich DIN V 18599-1 und DIN 4108 Beiblatt 2 herangezogen werden.

DIN V 18599-1 definiert – für Einzonenerrechnungen, also Wohngebäude – als Bezugsmaße zur Bestimmung der Wärme übertragenden Umfassungsfläche sowie des Bruttovolumens (externen Volumens) folgende Maße in horizontaler Richtung:

- bei Außenbauteilen die Außenmaße nach DIN EN ISO 13789, einschließlich eventuell vorhandener außen liegender Wärmedämmung und, sofern vorhanden, einschließlich Putz;
- bei Innenbauteilen zwischen einer temperierten und einer nicht temperierten Zone das Außenmaß der temperierten Zone, z. B. das trennende Bauteil zwischen einem beheizten und einem nicht beheizten Kellerraum

INFOKASTEN: WÄRMESPEICHERFÄHIGKEIT – PRINZIPIELLE EFFEKTE

Hinsichtlich der Wirkung der Wärmespeicherfähigkeit auf den Heizwärmebedarf ist bekanntermaßen prinzipiell zwischen zwei gegenläufigen Phänomenen zu unterscheiden: Bei instationärem Heizbetrieb, wie z. B. einer Nacht- und Wochenendabsenkung bzw. -schaltung, kühlt ein Gebäude mit geringerer Wärmespeicherfähigkeit rascher ab als ein Gebäude mit hoher Wärmespeicherfähigkeit. Die Raumtemperaturen werden dadurch im Mittel gegenüber einem Gebäude mit hoher Wärmespeicherfähigkeit abgesenkt und es stellen sich niedrigere Transmissions- und Lüftungswärmeverluste ein. Demgegenüber führen Sonneneinstrahlung oder interne Wärmequellen zu Wärmegewinnen, welche die Heizlast erheblich mindern und auch komplett kompensieren können. Bei Gebäuden mit geringer Wärmespeicherfähigkeit treten dadurch höhere Temperaturüberschreitungen (Überheizungen) auf als bei Gebäuden mit einer hohen Wärmespeicherfähigkeit. Hieraus resultieren im Tagesmittel und über die Heizperiode gerechnet höhere mittlere Raumtemperaturen, die bei Gebäuden mit geringer Wärmespeicherfähigkeit zu größeren Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten führen, d. h., die Energiegewinne können weniger gut genutzt werden als bei schwerer Bauart [30 bis 35].

Für ein frei stehendes Einfamilienhaus wird in [34] auf der Basis dynamischer Simulationsrechnung der Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit auf den Heizwärmebedarf anhand von fünf typischen Bauarten für drei unterschiedliche Wärmeschutzniveaus untersucht. Das Wärmeschutzniveau I entspricht dabei den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung '84, das Anforderungsniveau II der Wärmeschutzverordnung '95, das Anforderungsniveau III geht über die Anforderungen der Energieeinsparverordnung

sogar noch hinaus. Die obere Tafel enthält die Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile und die Gesamtenergiedurchlassgrade der Verglasungen. Die wesentlichen Ergebnisse sind in der unteren Tafel zusammengefasst.

Unter „Standard“ finden sich die Ergebnisse unter Zugrundelegung üblicher, unterschiedlicher Solltemperaturen in den einzelnen Räumen des Gebäudes mit Nachtabschaltung. Unter „24 h“ wird auf die Nachtabschaltung verzichtet und unter „20 °C“ wird auf die Zonierung

verzichtet, d. h., die Solltemperatur beträgt jeweils während der Nutzungszeit „20 °C“ mit Nachtabschaltung und „20 °C/24 h“ beinhaltet den gleichen Fall ohne Nachtabschaltung.

Es zeigt sich, dass bei dem Wärmeschutzniveau zwischen II und III die maximalen Unterschiede zwischen den einzelnen Bauarten bei 3,7 % mit Nachtabschaltung liegen, wobei die Ausführung mit der höchsten Wärmespeicherfähigkeit zu dem geringsten Jahres-Heizwärmebedarf führt.

Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile und Gesamtenergiedurchlassgrade der verglasten Wärmeschutzniveaus

Außenbauteil	Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m²·K)]		
	Wärmeschutzniveau		
	I	II	III
Dach	0,32	0,25	0,17
Außenwände	0,51	0,36	0,21
Fenster	2,6 (0,75)	1,7 (0,62)	0,8 (0,40)
Kellerdecke	0,69	0,51	0,34
Haustür	1,6	1,6	1,6

Jahres-Heizwärmebedarf in Abhängigkeit von der Wärmespeicherfähigkeit der Baukonstruktion, dem Wärmeschutzniveau und der Nutzung

Nutzung	Jahresheizwärmebedarf [kWh/(m²·a)]				
	Beton	Holz	Kalksandstein	Porenbeton	Ziegel
	Wärmeschutzniveau I				
Standard	103,1	102,6	102,0	101,2	101,4
24 h	105,9	107,5	105,6	106,4	105,7
20 °C	95,9	99,0	96,0	96,3	96,0
20 °C/24 h	105,5	108,8	105,9	106,8	106,2
	Wärmeschutzniveau II				
Standard	81,5	81,6	81,0	81,3	80,8
24 h	84,0	86,6	84,6	86,0	84,8
20 °C	79,0	80,9	79,1	79,6	79,1
20 °C/24 h	86,1	88,5	86,4	87,4	86,6
	Wärmeschutzniveau III				
Standard	24,1	24,9	24,2	24,8	24,3
24 h	26,0	26,8	26,2	26,8	26,3
20 °C	23,8	24,6	23,9	24,1	23,9
20 °C/24 h	25,6	26,6	25,7	26,1	25,8

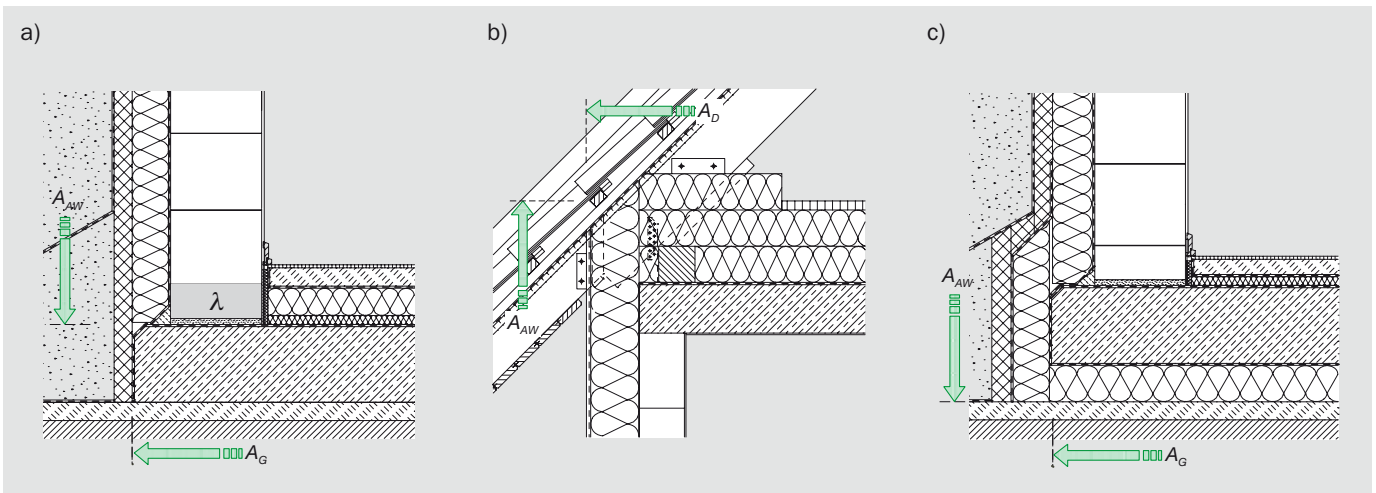


Bild 13: Bezugsmaße in vertikaler Richtung: a) Oberkante der Rohdecke – allgemeiner Fall; b) Oberkante der obersten wärmetechnisch wirksamen Schicht – Ausnahme; c) Unterseite der wärmetechnisch wirksamen Schicht bei außengedämmten Bodenplatten – Ausnahme; A_G = Fläche Bodenplatte, A_D = Fläche oberste Geschossdecke, A_{AW} = Fläche Außenwand

Für horizontale Abmessungen wird somit der Maßbezug bis zur Außenseite der wärmetechnisch wirksamen Schichten klar festgelegt. Die äußere Systemgrenze bildet die Außenkante der Bauteilschicht, die in der U-Wert-Berechnung nach DIN EN ISO 6946 [31] zu berücksichtigen ist.

Im Fall der Abmessungen in vertikaler Richtung wird in DIN V 18599 folgendes ausgeführt:

- Bezugsmaß ist die Oberkante der Rohdecke in allen Ebenen eines Gebäudes (unterer Gebäudeabschluss, alle Geschosse), unabhängig von der Lage der eventuell vorhandenen Dämmschicht (Bild 13a);
- die Ausnahme bildet der obere Gebäudeabschluss: Hier wird die Oberkante der obersten wärmetechnisch wirksamen Schicht als Außenmaß verwendet (Bild 13b).

Mit Bezug auf die Festlegungen in DIN 4108 Beiblatt 2 sollte eine weitere Ausnahme von der Regelung des ersten Aufzählungspunktes beachtet werden. Im Fall der außengedämmten Bodenplatte des beheizten Kellergeschosses (Ausführungsart 2 und 3 im Beiblatt) ist der Maßbezug bis zur Unterseite der wärmetechnisch wirksamen Schicht anzusetzen (Bild 13c). In Wärmebrückenkatalogen ist dieser Maßbezug bei der Angabe der Wärmebrückenverlustkoeffizienten meist verwendet (z. B. [20, 21]).

Im Zweifelsfall ist immer zu prüfen, welcher Maßbezug für die Berechnung der Wärmebrücken herangezogen wurde. Bei Verwendung gleicher Maßbezüge von Bauteilen und Wärmebrücken erfolgt eine bauphysikalisch richtige Berechnung.

Für die Bestimmung der Fensterfläche ist im Rahmen des EnEV-Nachweises das lichte Rohbaumaß zu verwenden. Auf Grundlage von DIN EN ISO 10077-1 [32]

wird als Fensterfläche das Maß bis zum Anschlag des Blendrahmens festgelegt. Als liches Rohbaumaß gilt deshalb das Maueröffnungsmaß, bei dem das Fenster angeschlagen wird (Bild 14). Dabei sind Putz oder ggf. vorhandene Verkleidungen (z. B. Gipskartonplatten beim Holzbau) nicht zu berücksichtigen. Von der so ermittelten Fenstergröße kann unter Berücksichtigung der Einbaufuge auch auf das zu bestellende Fenster geschlossen werden [23].

7. BERECHNUNG DES JAHRES-PRIMÄR-ENERGIEBEDARFS FÜR WOHNGEBÄUDE GEMÄSS DIN V 4701-10

Die Ausgangsbasis zur Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs stellt der Jahres-Heizwärmebedarf dar, der gemäß den Rechenvorschriften der DIN V 4108-6 ermittelt wird. Für den Warmwasserwärmebedarf ist bei Wohngebäuden pauschal ein flächenbezogener Wert von $Q_w'' = 12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ zu berücksichtigen.

Die Rechenvorschriften im Rahmen von DIN V 4701-10 [5] sehen vor, dass Verluste der Anlagentechnik und Wärmegewinne aus der Umwelt zusammengefasst werden und die Beschreibung der energetischen Effizienz des Gesamtanlagensystems über Aufwandszahlen erfolgt. Die Aufwandszahl stellt das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen dar und ist somit der Kehrwert des Nutzungsgrades, der früher in der Anlagentechnik hauptsächlich Verwendung fand.

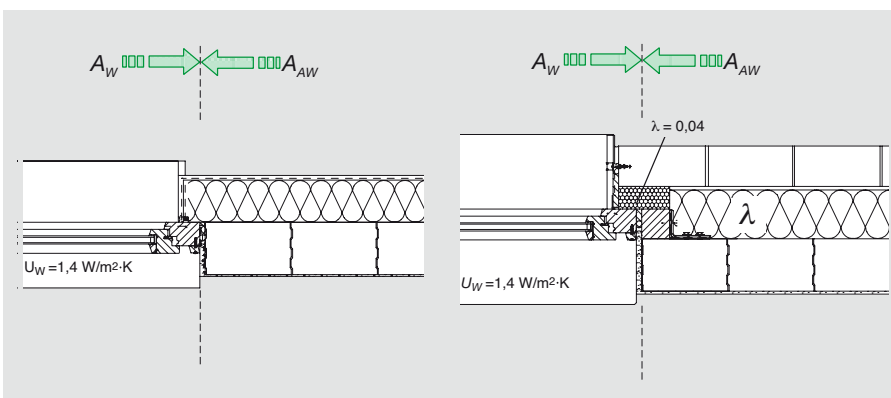


Bild 14: Ermittlung des lichten Rohbaumaßes bei Fensteröffnungen (stumpfer Anschlag, zweischaliges Mauerwerk, mit Innenanschlag); A_w = Fensterfläche, A_{AW} = Fläche Außenwand

Unter Berücksichtigung von Primärenergiefaktoren gemäß der Tafel im Infokasten „Anlagentechnische Einflussgrößen“ wird je nach Anlagentechnik und eingesetztem Energieträger eine Anlagen-Aufwandszahl gebildet. Multipliziert mit der Summe aus Heizwärme- und Warmwasserwärmebedarf resultiert die Zielgröße, der Jahres-Primärenergiebedarf Q_p :

$$Q_p = (Q_h + Q_w) \cdot e_p$$

mit

Q_h Jahres-Heizwärmebedarf

Q_w Jahres-Warmwasserwärmebedarf

e_p Anlagen-Aufwandszahl

Eine einfache Möglichkeit zur Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl bietet das so genannte Diagrammverfahren gemäß DIN V 4701-10. Für ein spezifiziertes Anlagensystem (Heizung, Lüftung und Trinkwarmwasserbereitung) wird die Anlagen-Aufwandszahl in Abhängigkeit von der Gebäudenutzfläche und dem Jahres-Heizwärmebedarf in einem Diagramm und dazugehörigen Tabellenwerten dargestellt. Ein Beispiel hierzu ist in Kapitel 8 dargestellt. Eine umfangreiche Zusammenstellung von Musteranlagen mit dazugehörigen Diagrammen findet sich in DIN V 4701, Beiblatt 1 [33]. Neben der Anlagen-Aufwandszahl wird in diesem Verfahren auch der Endenergiebedarf in Abhängigkeit von den genannten Größen in Diagrammen aufgetragen.

Hinweis: Nach DIN V 4108-6 und EnEV wird der Jahres-Wärmebedarf bzw. Energiebedarf allgemein mit dem Formelzeichen Q [kWh/a] abgekürzt. Q' [kWh/(m³·a)] kennzeichnet den volumenbezogenen, Q'' [kWh/(m²·a)] den flächenbezogenen Jahres-Wärmebedarf bzw. Energiebedarf. In DIN V 4701-10 wird der flächenbezogene Jahres-Wärmebedarf bzw. Energiebedarf mit q [kWh/(m²·a)] bezeichnet.

Die rechnerische Bestimmung der Anlagen-Aufwandszahl und des Endenergiebedarfs kann über das so genannte Tabellenverfahren erfolgen. Anhand der Kenndaten von Standardprodukten, die in einem Anhang der DIN V 4701-10 aufgenommen sind, erfolgt die Berechnung nach einem einfachen Schema und führt zu Ergebnissen, die einem unteren energetischen Niveau entsprechen.

Als dritte Möglichkeit kann das ausführliche Rechenverfahren der Norm herangezogen werden. Die Anwendung dieses Verfahrens

bietet sich insbesondere dann an, wenn z. B. Herstellerdaten des Wärmeerzeugers oder detaillierte Kenntnisse über Rohrleitungsführung und -länge zur Verfügung stehen. Die Berechnungen, die gegenüber den zuvor beschriebenen vereinfachten Ansätzen mit wesentlich höherem Aufwand verbunden sind, führen in der Regel zu günstigeren Anlagen-Aufwandszahlen. Es besteht auch die Möglichkeit, die Rechenverfahren zu „mischen“, d. h. es kann z. B. die Erzeugeraufwandszahl nach dem ausführlichen Rechenverfahren bestimmt und dieser Wert im Tabellenverfahren eingesetzt werden.

Kommen bei einem Gebäude Einrichtungen zur Kühlung der Raumluft zum Einsatz, sind diese gemäß den Ausführungen in Abschnitt 5.5 bei der Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs zu berücksichtigen.

8. BEISPIELRECHNUNGEN WOHNGEBÄUDE

8.1 Nachweis der EnEV (Beispielgebäude)

Das KS-Nachweisprogramm für Wohngebäude auf der Grundlage von Microsoft Excel® liefert eine Berechnungshilfe für den Nachweis nach dem Verfahren gemäß DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 in Verbindung mit der Energieeinsparverordnung. So bleiben dem Nutzer aufwendige Rechenoperationen erspart, er braucht nur die spezifischen Gebäudedaten (Flächen, U-Werte) in die markierten Felder einzugeben und verschiedene begleitende Optionen auszuwählen.

Wärmeverluste und -gewinne sowie der Primärenergiebedarf werden automatisch nach dem Monatsbilanzverfahren ermittelt und den zulässigen Werten gegenübergestellt. Die Anlagentechnik kann über das Diagrammverfahren oder das Tabellenverfahren berücksichtigt werden. Das Programm wendet sich an Architekten, Ingenieure und Fachplaner für Wärmeschutz, die Nachweise entsprechend EnEV erstellen. Es bietet zusätzlich die Möglichkeit, auf schnelle und einfache Weise Variantenvergleiche durchzuführen und eignet sich daher auch sehr gut für die Vorplanung von Gebäuden zur Erarbeitung eines Energiekonzeptes.

Das KS-Nachweisprogramm für Wohngebäude steht auf der KS-Homepage zum kostenlosen Download zur Verfügung.

Umfang und Inhalt des Programms werden nachfolgend anhand eines Beispiels dargestellt. Dieses Beispiel ist auch in dem genannten Programm hinterlegt. Zusätzlich zu den hier dargestellten Inhalten ist bei dem Programm eine Flächen- und Volumenberechnung enthalten.

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um ein frei stehendes, unterkellertes Einfamilienhaus. Das beheizte Volumen wird von den Außenbauteilen Wand, Fenster, Bodenplatte und Dachschräge bzw. Kehlbalckendecke umschlossen. Die Flächen- und Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile sind in den farblich hinterlegten Feldern des Formblatts nachzuvollziehen.

Die in Abschnitt 6.2 beschriebene Möglichkeit des detaillierten Nachweises der Wärmebrückenverluste wird bei dem Beispiel so berücksichtigt, dass ein ΔU_{WB} -Wert von 0,013 W/(m²·K) in Ansatz gebracht wird.

Die Ermittlung des ΔU_{WB} -Wertes ist nach DIN EN ISO 10211 [34] nachzuweisen. Mit dem Wärmebrückenkatalog Kalksandstein [21] kann dieser Nachweis schnell und einfach geführt werden.

Zur Ermittlung des genauen ΔU_{WB} -Wertes werden die Wärmebrückenverlustkoeffizienten (ψ -Werte) für die relevanten Wärmebrücken aus dem Wärmebrückenkatalog abgegriffen. Die detailspezifischen ψ -Werte werden mit den Längen der einzelnen Wärmebrücken sowie dem Temperaturkorrekturfaktor F_x multipliziert, aufsummiert und durch die Wärme übertragende Hüllfläche geteilt.

$$\Delta U_{WB} = \frac{\sum (\psi \cdot l \cdot F_{xi})}{A}$$

Die Temperaturkorrekturfaktoren F_{xi} sind in den detailspezifischen ψ -Werten bereits enthalten – soweit die F_{xi} -Werte eindeutig sind. Lediglich bei den Details im Erdreich sind unterschiedliche F_{xi} -Werte möglich – in Abhängigkeit von der Kenngröße B' und dem Wärmedurchlasswiderstand R_f .

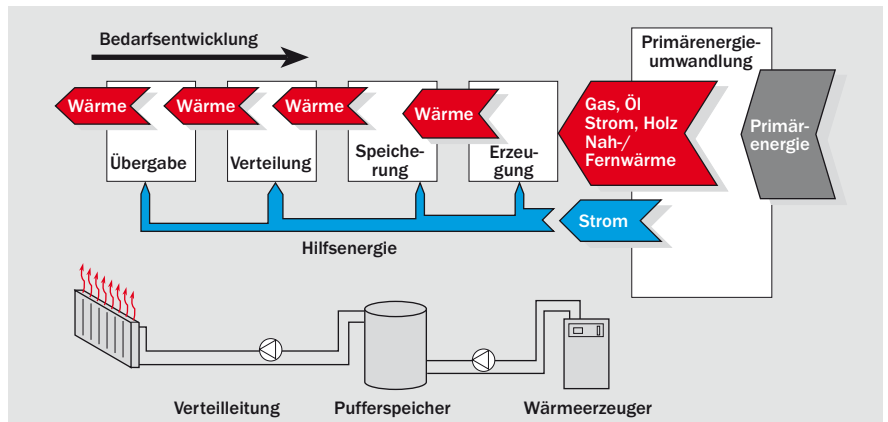
**INFOKASTEN:
ANLAGENTECHNISCHE
EINFLUSSGRÖSSEN**

**Anlagen-Aufwandszahl Heizung,
Warm r und Lüftung**

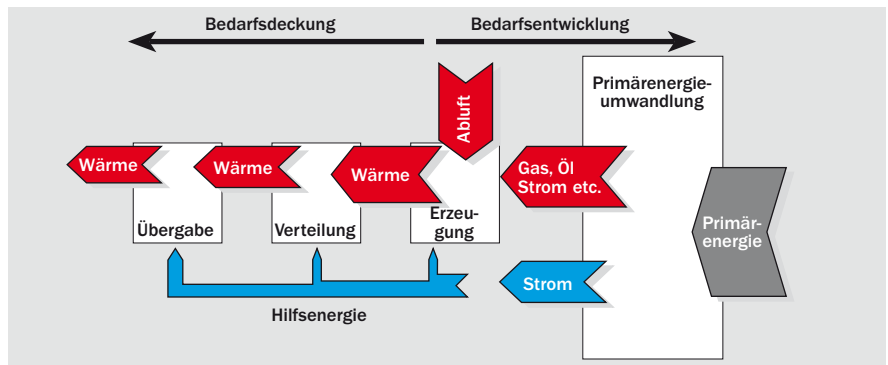
Die Anlagen-Aufwandszahl kennzeichnet die energetische Effizienz der gesamten Energieversorgungskette, deren Bilanzanteile für die Heizung im oberen Bild schematisch dargestellt sind. Die technischen Verluste des Heizsystems setzen sich zusammen aus Übergabeverlusten im Raum Q_{ge} (Heizflächenanordnung, Regelungstechnik), Verteilverlusten Q_{d} (Rohrleitungsführung und -dämmung, Temperatur des Heizmediums), Speicherverlusten Q_s (Aufstellort, Speicherdämmung) und Erzeugungsverlusten Q_g (Aufstellort, Gerätetechnik). Aus dem Bild ist ersichtlich, dass auch die benötigte Hilfsenergie (Pumpen, Regelung usw.) in die Betrachtung einbezogen wird. Die Verlustanteile für Lüftung (mittleres Bild) und Trinkwarmwasserbereitung (unteres Bild), die in die Bestimmung der Anlagen-Aufwandszahl einfließen, werden analog zu der zuvor beschriebenen Vorgehensweise erfasst.

Primärenergiefaktoren

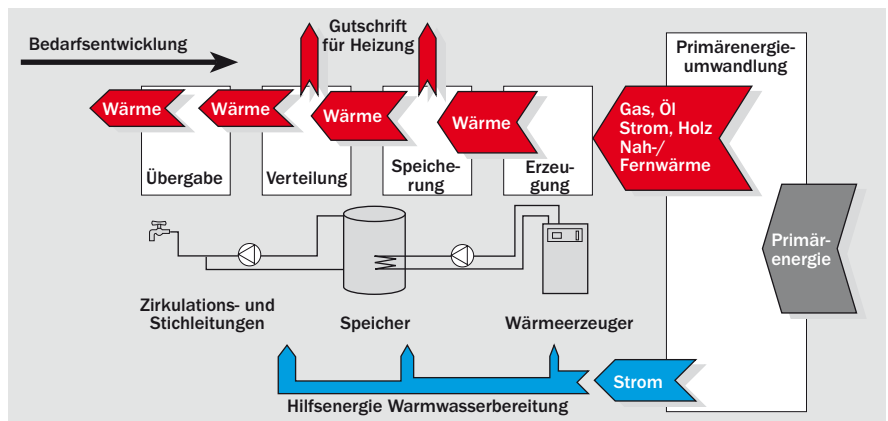
Die Primärenergiebewertungsfaktoren nach DIN V 4701-10 und EnEV sind in der Tafel aufgeführt.



Bilanzierungsanteile Heizungsanlage nach DIN V 4701-10 [18]



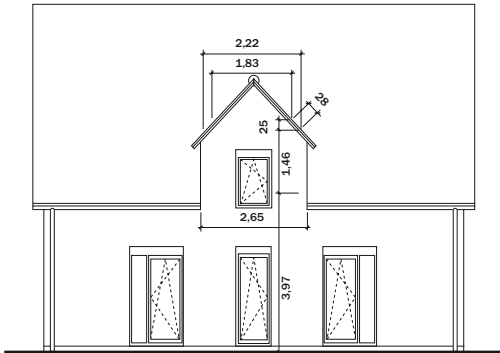
Bilanzierungsanteile Lüftungsanlage nach DIN V 4701-10 [18]



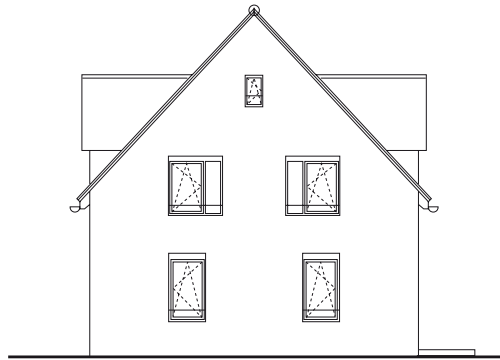
Bilanzierungsanteile Warmwasserbereitung nach DIN V 4701-10 [18]

Primärenergiebewertungsfaktoren (f_p) – nicht erneuerbarer Anteil – nach DIN V 4701-10 [6] und EnEV 2009 [1]

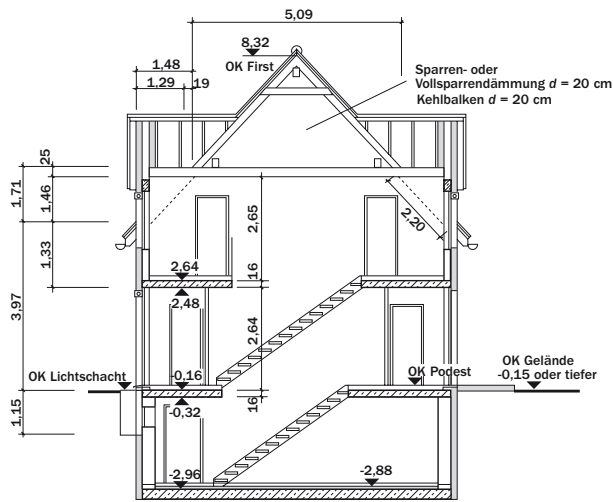
Energieträger ¹⁾		Primärenergie-Faktoren nicht erneuerbarer Anteil	
Brennstoffe ²⁾	Heizöl EL	1,1	
	Erdgas H	1,1	
	Flüssiggas	1,1	
	Steinkohle	1,1	
	Braunkohle	1,2	
	Holz	0,2	
Nah/Fernwärme aus KWK ³⁾	fossiler Brennstoff	0,7	¹⁾ Umweltenergie (z.B. Solarenergie, Umgebungswärme) wird mit einem Primärenergiefaktor $f_p = 0$ berechnet. ²⁾ Bezugsgröße Endenergie: unterer Heizwert H_u ³⁾ Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %
	erneuerbarer Brennstoff	0	
Nah/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3	
	erneuerbarer Brennstoff	0,1	
Strom	Strom-Mix	2,6	



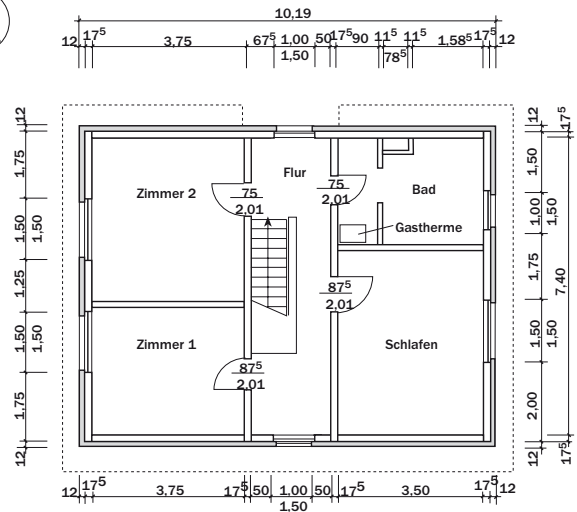
Südfassade



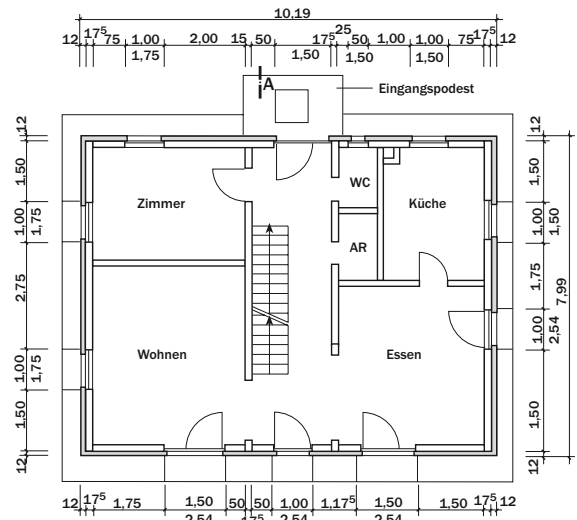
Westfassade



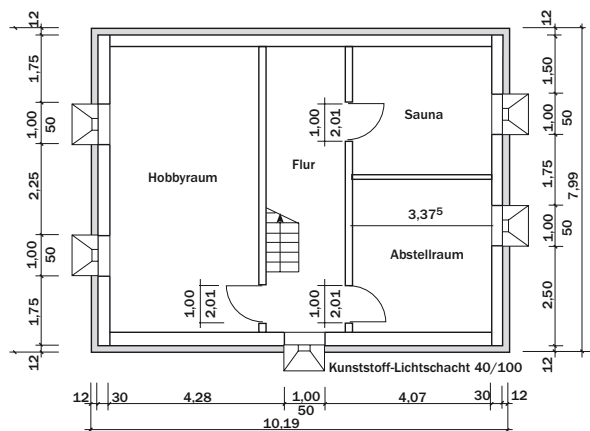
Schnitt A-A



Obergeschoss



Erdgeschoss



Kellergeschoss

Maßstab 1:200

Nachweis der Anforderungen nach Energieeinsparverordnung gem. DIN V 4108-6/DIN V 4701-10 - Wohngebäude - EnEV 2009 - zu errichtendes Gebäude							
Objekt:		Beispielgebäude Wohnhaus					
1	1. Gebäudedaten						
2	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e =$	671,84	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$			
	Geschossdeckenhöhe [m]	$h_G =$	2,50	$f_G =$	0,32		
	Nutzfläche [m ²]	$A_N =$	$f_G \cdot V_e$	$= 0,32 \cdot 671,84 =$	215,0		
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} =$	Gebäude bis zu 2 Wohneinheiten				
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_t [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	
						$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]	
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	35,62	0,23	8,19	1	8,19
7		AW 2	37,43	0,23	8,61	1	8,61
8		AW 3	33,27	0,23	7,65	1	7,65
9		AW 4	37,64	0,23	8,66	1	8,66
10		AW 5				1	
11		AW 6				1	
12		AW 7				1	
13		AW 8				1	
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	
18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	5,50	1,30	7,15	1	7,15
19		W 2	8,00	1,30	10,40	1	10,40
20		W 3	11,66	1,30	15,16	1	15,16
21		W 4	7,79	1,30	10,13	1	10,13
22		W 5	2,50	1,30	3,25	1	3,25
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	3,81	1,80	6,86	1	6,86
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	16,59	0,19	3,15	1	3,15
31		D 2	16,59	0,19	3,15	1	3,15
32		D 3	0,83	0,19	0,16	1	0,16
33		D 4	0,83	0,19	0,16	1	0,16
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	

38	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung						
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschossdecke	D 9	54,88	0,19	10,43	0,8	8,34
41		D10				0,8	
42		D11				0,8	
43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8	
44		AbW 2				0,8	
45		AbW 3				0,8	
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1				0,5	
47		AB 2				0,5	
48		AB 3				0,5	
49		AB 4				0,5	
50		AB 5				0,5	
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	81,42	0,31	25,24	0,45	11,36
52		G 2	99,31	0,33	32,77	0,6	19,66
53		G 3					
54		G 4					
55		G 5					
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1	
57		G 7				1	
58	$\Sigma A_i = A =$		453,67	Spezifischer Transmissionswärmeverlust ³⁾ $\Sigma U_i \cdot A_i \cdot F_{xi} =$			132,04
59	Wärmebrücken-korrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		0,013
62	Transmissionswärmeverlust: $H_T = \Sigma (U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}) + \Delta U_{WB} \cdot A$ $H_T = 132,04 + 0,013 \cdot 453,67^3)$ $[W/K] H_T =$						137,93
	Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370") Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen. Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_{TV}						$[W/K] H_T =$ 137,93
63	2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]						
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 \cdot V_o = 0,76 \cdot 671,84$		$[m^3] V =$		510,60
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 \cdot V_o = 0,80 \cdot \underline{\hspace{2cm}}$		$[m^3] V =$		
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung				$[h^{-1}] n =$	
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen				$[h^{-1}] n =$	0,60
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen				$[h^{-1}] n =$	
69	Lüftungswärmeverlust: $H_V = 0,34 \text{ Wh}/(m^3K) \cdot n \cdot V$ $H_V = 0,34 \cdot 0,60 \cdot 510,60$						$[W/K] H_V =$ 104,16

¹⁾ kleine Gebäude: bis 3 Vollgeschosse; ²⁾ übrige Gebäude

³⁾ Bei Berechnung der Wärmeverluste über Erdreich mittels Monatswerten gem. DIN EN ISO 13370 sind die entsprechenden Transmissionswärmeverluste in dieser Summe nicht enthalten.

3. Wärmegewinne							
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile $Q_{s,t}$ [kWh/a]							
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Gesamtenergie-durchlassgrad g_i [-]	Ver-schattung ⁴⁾ $F_S \leq 0,9$ [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F_F [-]	Strahlungs-intensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]
73	Nord - 90°	W 1	5,50	0,60	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt
74	Ost/West - 90°	W 2	8,00	0,60	0,9	0,7	
75	Süd - 90°	W 3	11,66	0,60	0,9	0,7	
76	Ost/West - 90°	W 4	7,79	0,60	0,9	0,7	
77		W 5	2,50	0,60	0,9	0,7	
78		W 6			0,9	0,7	
79		W 7			0,9	0,7	
80		W 8			0,9	0,7	
81		W 9			0,9	0,7	
82		W 10			0,9	0,7	
83	Solare Wärmegewinne über transparente Bauteile: $\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i \cdot g_i \cdot F_{S,i} \cdot F_C \cdot F_W \cdot F_F \cdot I_{s,i,M})$ [W] $\Phi_{s,t,M} =$						Monatswerte
84	$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 \cdot \Phi_{s,t,M} \cdot t_M)$ [kWh/Monat] $Q_{s,t,M} =$						Monatswerte
3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]							
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsab-sorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter $U_i \cdot R_e$ [-] $F_{f,i} \cdot h \cdot \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		Strahlungs-intensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]
87	Nord - 90°	AW 1	35,62	0,50	0,009	20	Monatswerte werden nicht dargestellt
88	Ost/West - 90°	AW 2	37,43	0,50	0,009	20	
89	Süd - 90°	AW 3	33,27	0,50	0,009	20	
90	Ost/West - 90°	AW 4	37,64	0,50	0,009	20	
91		AW 5		0,50			
92		AW 6		0,50			
93		AW 7		0,50			
94		AW 8		0,50			
95		AW 9		0,50			
96		AW 10		0,50			
97		AW 11		0,50			
98		AW 12		0,50			
99	Nord - 90°	T 1	3,81	0,50	0,072	20	
100		T 2		0,50			
101	Nord - 45°	D 1	16,59	0,80	0,008	40	
102	Süd - 45°	D 2	16,59	0,80	0,008	40	
103	Ost/West - 45°	D 3	0,83	0,80	0,008	40	
104	Ost/West - 45°	D 4	0,83	0,80	0,008	40	
105		D 5		0,80			
106		D 6		0,80			
107		D 7		0,80			
108		D 8		0,80			
109	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile: $\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i \cdot A_i \cdot R_e \cdot (\alpha_i \cdot I_{s,i,M} - F_{f,i} \cdot h \cdot \Delta\theta_{er}))$ [W] $\Phi_{s,o,M} =$						Monatswerte
110	$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 \cdot \Phi_{s,o,M} \cdot t_M)$ [kWh/Monat] $Q_{s,o,M} =$						Monatswerte
3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]							
112	Interne Wärmegewinne: $Q_{i,M} = 0,024 \cdot q_i \cdot A_N \cdot t_M = 0,024 \cdot 5 \text{ W/m}^2 \cdot A_N \cdot t_M$ [kWh/Monat] $Q_{i,M} =$						Monatswerte

⁴⁾ $F_S = 0,9$ für übliche Anwendungsfälle; abweichende Werte soweit mit baulichen Bedingungen Verschattung vorliegt.

⁵⁾ Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil $F_F = 0,7$, sofern keine genaueren Werte bekannt sind. Weitere Größen $F_C = 1$ und $F_W = 0,9$ gem. EnEV.

⁶⁾ Strahlungsabsorptionsgrad $\alpha = 0,5$; für dunkle Dächer kann abweichend $\alpha = 0,8$ angenommen werden.

4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]				
113				
114	wirksame Wärmespeicherfähigkeit für Ausnutzungsgrad:	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 \cdot V_e = 15 \cdot \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},\eta} =$
115		schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 \cdot V_e = 50 \cdot 671,84$	$C_{\text{wirk},\eta} = 33.592$
116		detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert	[Wh/(m³K)] $C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$	
117	wirksame Wärmespeicherfähigkeit bei Nachtabschaltung:	leichte Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 12 \cdot V_e = 12 \cdot \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},NA} =$
118		schwere Bauweise ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 18 \cdot V_e = 18 \cdot 671,84$	$C_{\text{wirk},NA} = 12.093$
119		detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert	[Wh/(m³K)] $C_{\text{wirk},NA} / V_e =$	
5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]				
120				
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{i,M} = 0,024 \cdot (H_T + H_V) \cdot (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) \cdot t_M$	[kWh/M.] $Q_{i,M} =$	Monatswerte
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.] $Q_{i,M} =$	
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{i,M} - Q_{s,o,M})$	[-] $\gamma_M =$	
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-] $\eta_M =$	
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{i,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M \cdot (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$	$Q_{h,M} =$	
126		$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos.}}$	[kWh/Monat] $Q_h = 9.627,82$	
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 9.627,82 / 214,99$	[kWh/(m²a)] $Q_h'' =$	44,78
6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]				
128				
129	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:			
	$H_{T,\text{vorh}} = H_T / A = 137,93 / 453,67$		[W/(m²K)] $H_{T,\text{vorh}} =$	0,30
130	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:			
	$H_{T,\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m²K)}$	freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$		
	$H_{T,\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m²K)}$	freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$		
	$H_{T,\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m²K)}$	einseitig angebautes Wohngebäude		
	$H_{T,\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m²K)}$	Alle anderen Wohngebäude	[W/(m²K)] $H_{T,\text{max}} =$	0,40
131	$H_{T,\text{vorh}} = 0,30 \text{ W/(m²K)} \leq 0,40 \text{ W/(m²K)} = H_{T,\text{max}}$			
7. Ermittlung der Primärenergieaufwandszahl gemäß DIN 4701 - 10 Anhang A (Berechnungsblätter) oder Anhang C (Diagramme)				
132				
133	Anlagen-Aufwandszahl (primärenergiebezogen): <i>Anlagentyp: Anlage 1 - Brennwert-Kessel und solar unterstützte Trinkwassererwärmung</i>			[-] $e_P = 1,07$
8. Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Gebäudenutzfläche [kWh/(m²a)]				
134				
142	Sofern Kühlung der Raumluft vorhanden: gekühlter Anteil der Gebäudenutzfläche A			[m²] $A_{N,c} =$
135	Energiebedarf für Kühlung	keine Kühlung	$\Delta Q_{P,c}''_{\text{vorh}} =$	0
136		Raumklimageräte oder Wohnungslüftung mit Kühlung	$\Delta Q_{P,c}''_{\text{vorh}} =$	
137		Kühlflächen (Kaltwasserkreise, elektrische Erzeugung)	$\Delta Q_{P,c}''_{\text{vorh}} =$	
138		erneuerbare Wärmesenken (Erdsonden/-kollektoren, Zisternen)	$\Delta Q_{P,c}''_{\text{vorh}} =$	
139		andere Geräte	$\Delta Q_{P,c}''_{\text{vorh}} =$	
140	vorhandener Jahres-Primärenergiebedarf: $Q_{P''\text{vorh}} = e_P \cdot (Q_h'' + 12,5 \text{ kWh/(m²a)}) + \Delta Q_{P,c}''_{\text{vorh}}$ $Q_{P''\text{vorh}} = 1,07 \cdot (44,78 + 12,5) + 0,00$			[kWh/Monat] $Q_{P''\text{vorh}} = 61,48$
141	zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:			
142	der zulässige Wert entspricht dem Berechnungsergebnis des Referenzgebäudes			[kWh/Monat] $Q_{P''\text{max}} = 74,82$
143	$Q_{P''\text{vorh}} = 61,48 \text{ kWh/(m²a)} \leq 74,82 \text{ kWh/(m²a)} = Q_{P''\text{max}}$			

⁷⁾ leichte Bauweise: Holztafelbauart ohne massive Innenbauteile, Gebäude mit abgehängten Decken
schwere Bauweise: Gebäude mit massiven Innen- und Außenbauteilen ohne abgehängte Decken
detaillierte Ermittlung: wenn alle Innen- und Außenbauteile festgelegt sind. Hier ist der volumenbezogene Wert anzugeben.

⁸⁾ Die Berechnung ohne Nachtabschaltung ist eine informative Option und für den Nachweis EnEV nicht zulässig.

⁹⁾ Der flächenbezogene Bedarf wird allgemein mit Q'' oder mit q gekennzeichnet.

Dokumentation weiterer Randbedingungen der Berechnung

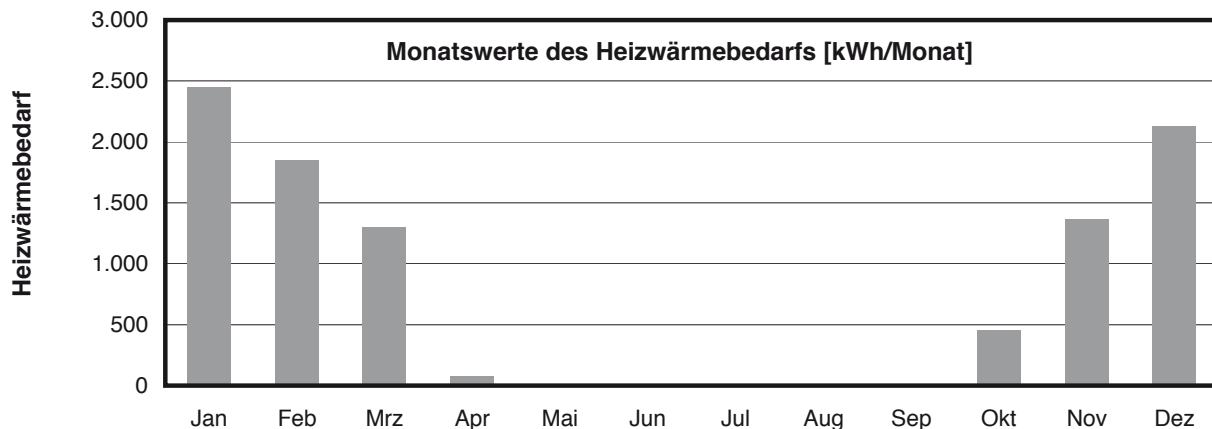
Temperatur-Korrekturfaktoren für den unteren Gebäudeabschluss - F_{xi}

Parameter		
Bodengrundfläche A_G ¹⁰⁾	[m ²]	81,42
Umfang der Bodengrundfläche (Perimeter) P ¹⁰⁾	[m]	36,36
Kenngroße $B' = A_G / (0,5 \cdot P)$	[m]	4,48
Die Wärmedurchlasswiderstände von Bodenplatten oder Kellerböden R_f bzw. Kellerwänden R_w ergeben sich aus dem U-Wert abzüglich der inneren Wärmeübergangswiderstände.		
Flächen	Spezifizierung	F_{xi} [-]
G 1 : $A = 81,42 \text{ m}^2$; $U = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Fußboden beheizter Keller	0,45
G 2 : $A = 99,31 \text{ m}^2$; $U = 0,33 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Wand beheizter Keller	0,60
G 3	- nicht festgelegt -	
G 4	- nicht festgelegt -	
G 5	- nicht festgelegt -	

¹⁰⁾ Angabe nicht notwendig für aufgeständerte Fußböden

Monatliche Zwischenergebnisse

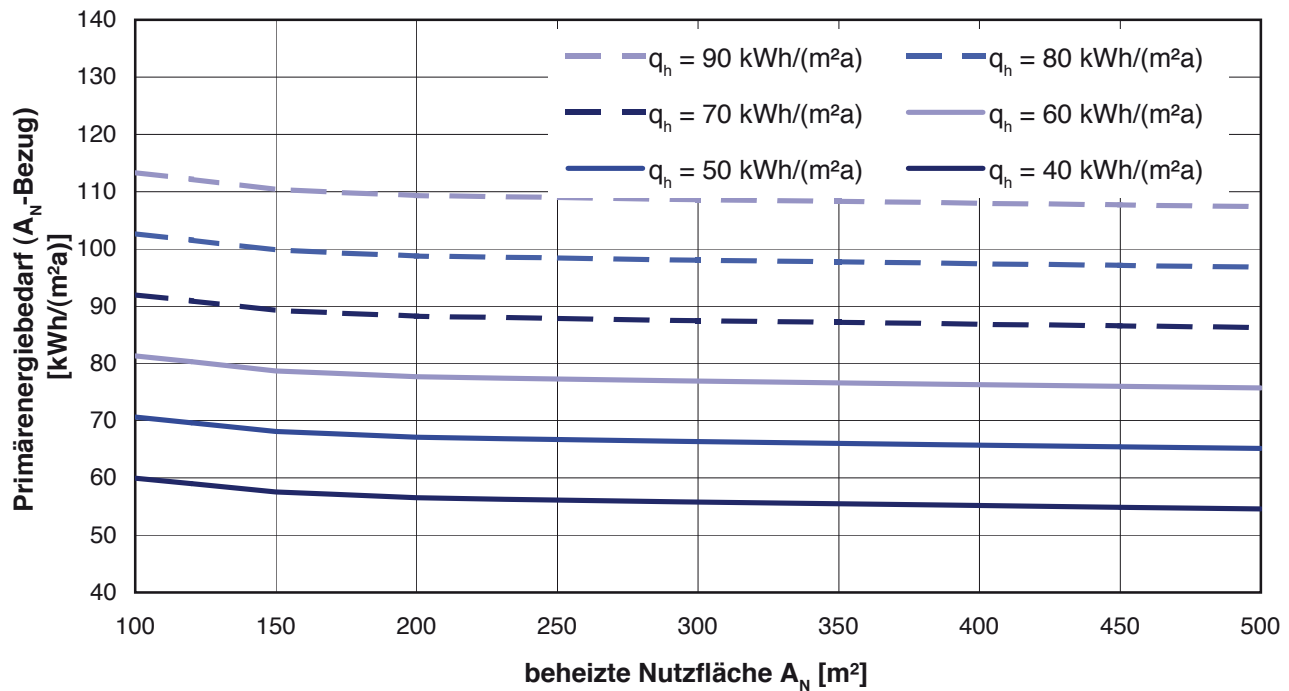
Monat	Heizwärmebedarf $Q_{h,M} = Q_{i,M} - \eta_M \cdot Q_{g,M}$ (Zeile 126) $Q_{h,M}$ [kWh/Monat]	Wärmeverlust (bei Nachtabschaltung) abzüglich solarer Wärmegewinne opaker Bauteile (Zeile 121 - Zeile 110) $Q_{i,M}$ [kWh/Monat]	solare Wärmegewinne transparenter Bauteile und interne Wärmegewinne (Zeile 84 + Zeile 112) $Q_{g,M}$ [kWh/Monat]	Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne (Zeile 124) η_M [-]
Jan	2.452	3.537	1.084	1
Feb	1.848	2.895	1.047	1
Mrz	1.297	2.591	1.295	1
Apr	81	1.555	1.735	0,89
Mai	2	1.006	1.787	0,61
Jun	0	484	1.859	0,28
Jul	0	96	1.961	0,05
Aug	0	73	1.687	0,04
Sep	0	747	1.515	0,53
Okt	454	1.722	1.289	0,99
Nov	1.364	2.424	1.061	1
Dez	2.130	3.101	971	1
Jahr	9.628	20.231	17.292	-



Anlage 1 - Brennwert-Kessel und solar unterstützte Trinkwassererwärmung

Nutzfläche $A_N < 500 \text{ m}^2$

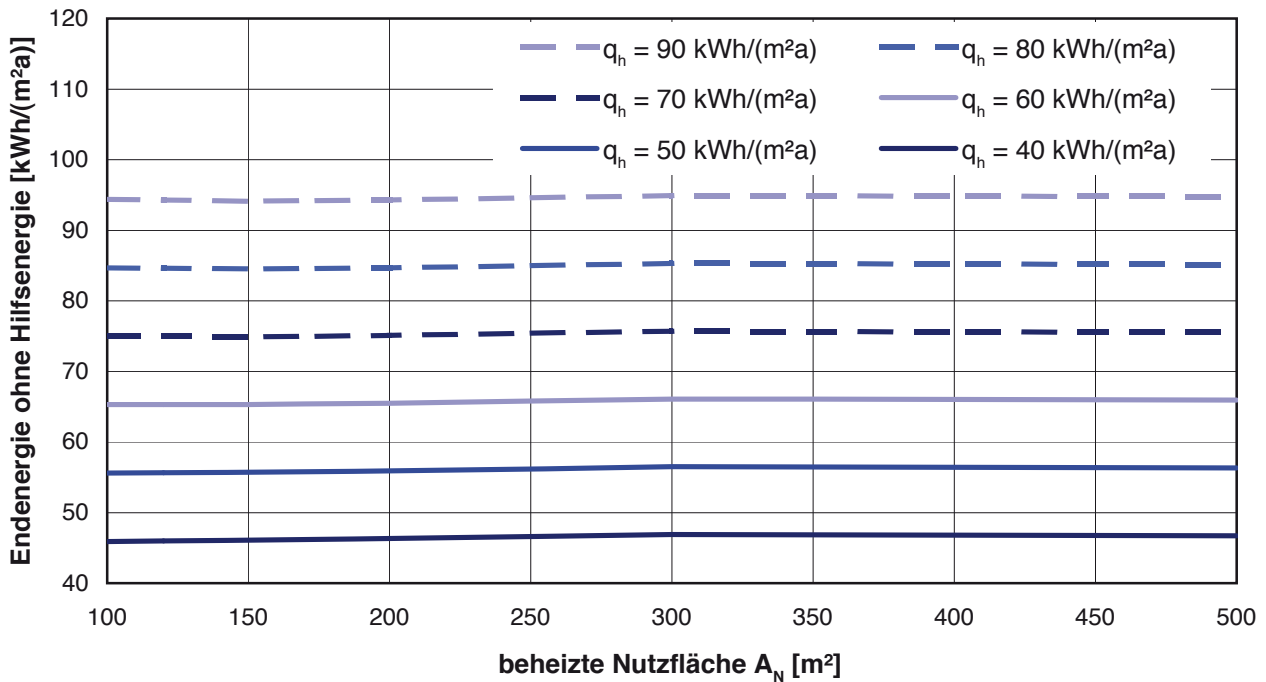
Trinkwasser-erwärmung	Verteilung	Verteilung innerhalb thermischer Hülle, ohne Zirkulation
	Speicherung	bivalenter Solarspeicher, Aufstellung innerhalb thermischer Hülle
	Erzeugung	zentral, Brennwertkessel und Flachkollektor
Heizung	Übergabe	Radiatoren, Anordnung im Außenwandbereich, Thermostatventile 1 K
	Verteilung	horizontale Verteilung innerhalb thermischer Hülle, Verteilungsstränge innenliegend, geregelte Pumpen
	Speicherung	keine Speicherung
	Erzeugung	Brennwertkessel 55/45 °C innerhalb thermischer Hülle
Lüftung	Übergabe	keine Lüftungsanlage
	Verteilung	
	Erzeugung	



A_N in m^2	100	120	150	170	200	250	300	350	400	450	500
q_h in $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	Primärenergiebedarf Q_p" [$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$]										
40	59,98	59,03	57,55	57,15	56,53	56,17	55,78	55,48	55,18	54,88	54,58
50	70,65	69,65	68,11	67,71	67,09	66,73	66,34	66,04	65,74	65,44	65,14
60	81,32	80,28	78,67	78,27	77,65	77,29	76,90	76,60	76,30	76,00	75,70
70	91,99	90,91	89,23	88,83	88,21	87,85	87,46	87,16	86,86	86,56	86,26
80	102,66	101,53	99,79	99,39	98,77	98,41	98,02	97,72	97,42	97,12	96,82
90	113,33	112,16	110,35	109,95	109,33	108,97	108,58	108,28	107,98	107,68	107,38

$Q_p = e_p \cdot (q_h + q_{tw}) \cdot A_N$ mit $q_{tw} = 12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Endenergie $q_{WE,E}$ und $q_{HE,E}$



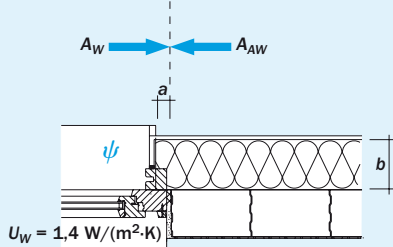
A _N in m ²	100	120	150	170	200	250	300	350	400	450	500
q_h in kWh/(m²a)	Gesamt-Endenergie q_{WE,E} in kWh/(m²a) (ohne Hilfsenergie)										
40	45,89	46,00	46,11	46,19	46,28	46,60	46,90	46,86	46,82	46,78	46,73
50	55,59	55,66	55,71	55,79	55,88	56,20	56,50	56,46	56,42	56,38	56,33
60	65,29	65,32	65,31	65,39	65,48	65,80	66,10	66,06	66,02	65,98	65,93
70	74,99	74,98	74,91	74,99	75,08	75,40	75,70	75,66	75,62	75,58	75,53
80	84,69	84,64	84,51	84,59	84,68	85,00	85,30	85,26	85,22	85,18	85,13
90	94,39	94,30	94,11	94,19	94,28	94,60	94,90	94,86	94,82	94,78	94,73
	Hilfsenergie q_{HE,E} in kWh/(m²a)										
alle	3,66	3,24	2,62	2,44	2,16	1,89	1,61	1,51	1,42	1,32	1,22

Detaillierte Ermittlung ΔU_{WB}

Relevante Details für das Beispielgebäude

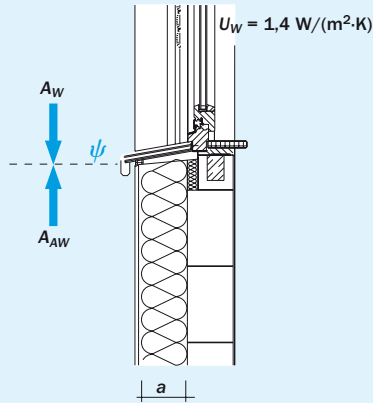
Fenster

7.1.2.13: Leibung



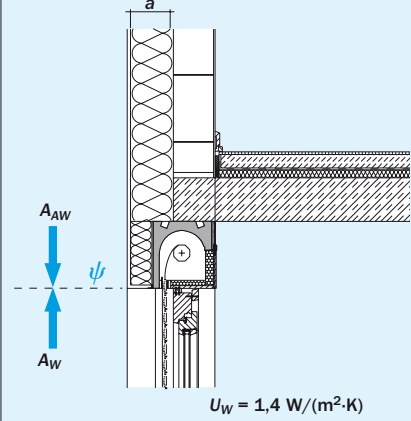
$\psi = 0,004 \text{ W/(m·K)}$
 $a = 40 \text{ mm}, b = 160 \text{ mm}$

7.5.2.13: Brüstung



$\psi = 0,023 \text{ W/(m·K)}$
 $a = 160 \text{ mm}$

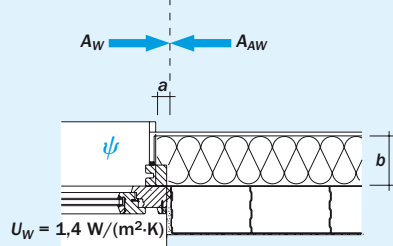
7.7.2.11: Rollladenkasten



$\psi = 0,140 \text{ W/(m·K)}$
 $a = 160 \text{ mm}$

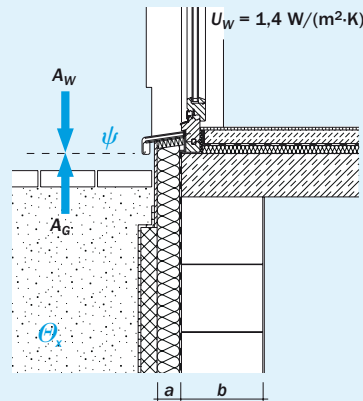
Balkontür

7.1.2.13: Leibung



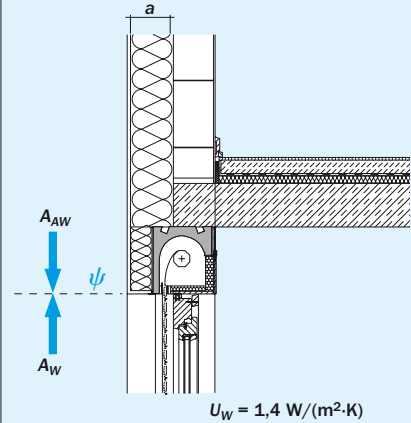
$\psi = 0,004 \text{ W/(m·K)}$
 $a = 40 \text{ mm}, b = 160 \text{ mm}$

8.7.2.11: Fußpunkt



$\psi = 0,001 \text{ W/(m·K)}$
 $a = 120 \text{ mm}, b = 300 \text{ mm}$

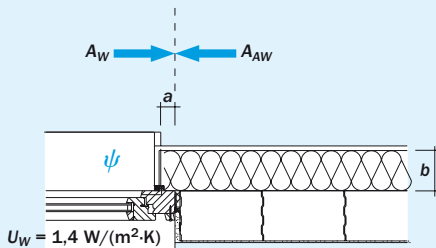
7.7.2.11: Rollladen



$\psi = 0,140 \text{ W/(m·K)}$
 $a = 160 \text{ mm}$

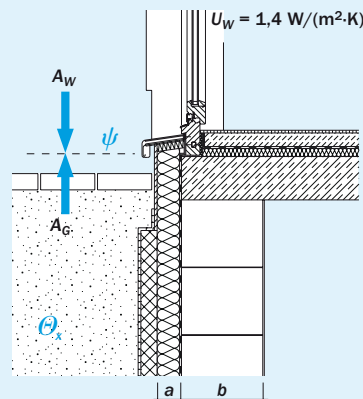
Haustür

7.1.2.11: Leibung



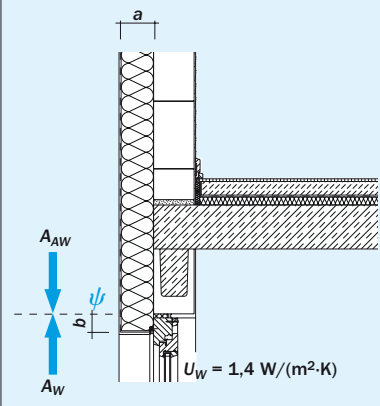
$\psi = 0,002 \text{ W/(m·K)}$
 $a = 40 \text{ mm}, b = 160 \text{ mm}$

8.7.2.11: Fußpunkt



$\psi = 0,001 \text{ W/(m·K)}$
 $a = 120 \text{ mm}, b = 300 \text{ mm}$

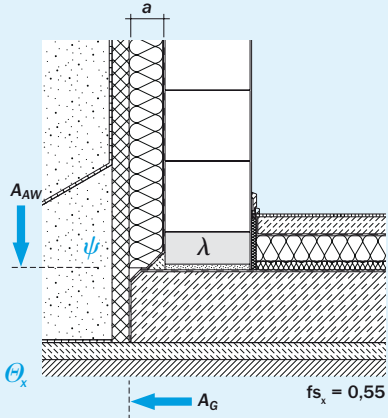
7.6.2.11: Sturz



$\psi = 0,016 \text{ W/(m·K)}$
 $a = 160 \text{ mm}, b = 40 \text{ mm}$

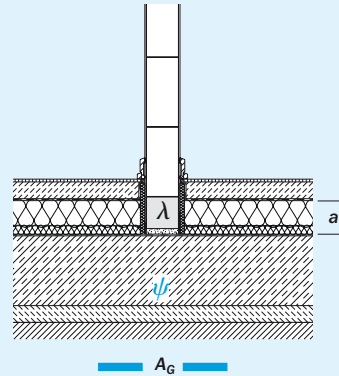
Keller

1.1.2.11: Außenwand – Bodenplatte



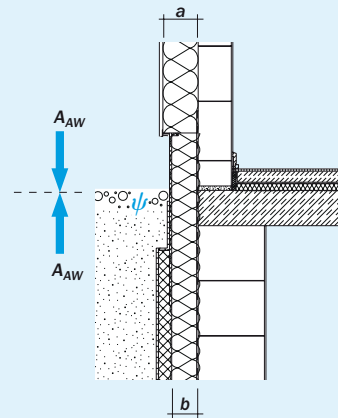
$\psi = 0,058 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
 $a = 120 \text{ mm}, \lambda = 0,33 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

1.5.1.12: Innenwand – Bodenplatte



$\psi = 0,212 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
 $a = 120 \text{ mm}, \lambda = 0,33 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

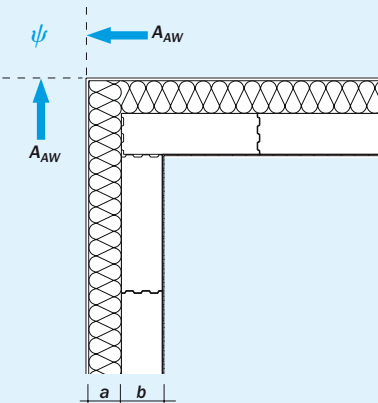
2.3.2.11: Sockel – Kellerdecke



$\psi = 0,019 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
 $a = 160 \text{ mm}, b = 120 \text{ mm}$

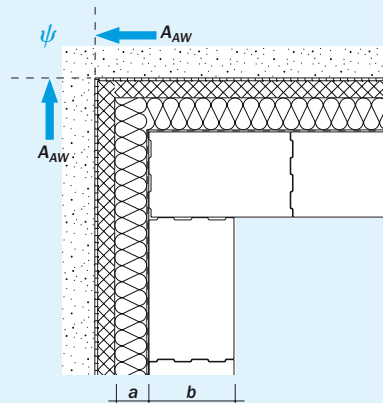
Außenecke/Zwischendecke

6.1.2.11: Außenecke (luftberührt)



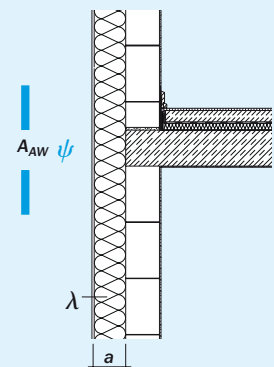
$\psi = -0,069 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
 $a = 160 \text{ mm}, b = 150 \text{ mm}$

1.8.2.11: Außenecke (erdberührt)



$\psi = -0,090 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
 $a = 120 \text{ mm}, b = 300 \text{ mm}$

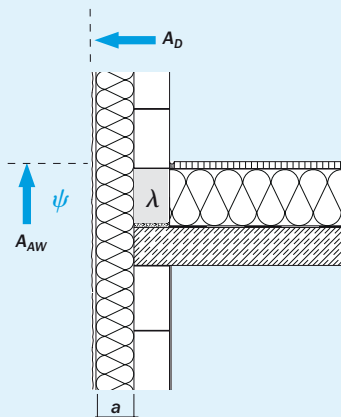
3.1.2.11: Geschossdeckenaufleger



$\psi = 0,005 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
 $a = 160 \text{ mm}, \lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

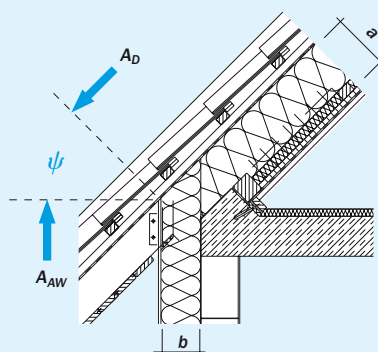
Dach

3.5.2.11: Oberste Geschossdecke



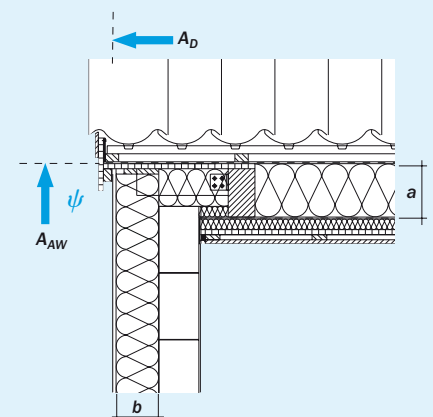
$\psi = 0,133 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
 $a = 160 \text{ mm}, \lambda = 0,99 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

4.2.2.11: Traufe – Sparrendach



$\psi = -0,077 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
 $a = 240 \text{ mm}, b = 160 \text{ mm}$

4.5.2.11: Ortgang – Sparrendach



$\psi = -0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
 $a = 240 \text{ mm}, b = 160 \text{ mm}$

Tafel 13: Längenermittlung der relevanten Wärmebrücken

Wärmebrücke / Lage	Berechnung	Länge	Wärmebrücke / Lage	Berechnung	Länge
1. Detail 7.1.2.13: Fensterleibung			7. Detail 7.1.2.11: Haustürleibung		
EG Ost	1,50 * 2	3,00 m	EG Nord	2,54 * 2	5,08 m
EG Nord	1,50 * 2 + 1,50 * 2 + 2 * 1,75	9,50 m	8. Detail 8.7.2.11: Fußpunkt Haustür		
EG West	1,75 * 2 * 2	7,00 m	EG Nord	1,50	1,50 m
OG Süd	1,50 * 2	3,00 m	9. Detail 7.6.2.11: Haustürsturz, ohne Rollladen		
OG Ost	1,50 * 2 * 2	6,00 m	EG Nord	1,50	1,50 m
OG Nord	1,50 * 2	3,00 m	10. Detail 1.1.2.11: Fundamentanschluss		
OG West	1,50 * 2 * 2	6,00 m	KG-Sohle	10,19 * 2 + 7,99 * 2	36,36 m
Summe		37,50 m	11. Detail 1.5.1.12: Innenwand auf Kellerdecke		
2. Detail 7.5.2.13: Fensterbrüstung			Sauna/Abstell	3,375 + 0,175 + 0,425	3,97 ⁵ m
EG Ost	1,00	1,00 m	Hobby/Flur	7,99 - 1,00	6,99 m
EG Nord	1,00 * 2 + 0,50	2,50 m	Flur/Sauna - Abstell	7,99 - 1,00 * 2	5,99 m
EG West	1,00 * 2	2,00 m	Summe		16,95⁵ m
OG Süd	1,00	1,00 m	12. Detail 7.1.2.11: Sockelanschluss		
OG Ost	1,50 + 1,00	2,50 m	EG-Decke	10,19 * 2 + 7,99 * 2	36,36 m
OG Nord	1,00	1,00 m	13. Detail 6.1.2.11: Außenecke Mauerwerk		
OG West	1,50 * 2	3,00 m	luftberührt	3,97 * 4	15,88 m
Summe		13,00 m	14. Detail 1.8.2.11: Kelleraußenecke Mauerwerk		
3. Detail 7.7.2.11: Fenster-Rolladenanschluss			erdberührt	(2,96 - 0,16) * 4	11,20 m
EG Ost	1,00	1,00 m	15. Detail 3.1.2.11: Geschossdeckenanschluss		
EG Nord	1,00 * 2 + 0,50	2,50 m	OG-Decke	10,19 * 2 + 7,99 * 2	36,36 m
EG West	1,00 * 2	2,00 m	16. Detail 3.5.2.11: Oberste Geschossdecke		
OG Süd	1,00	1,00 m	Satteldach	5,09 * 2	10,18 m
OG Ost	1,50 + 1,00	2,50 m	Gaube	2,22 * 2	4,44 m
OG Nord	1,00	1,00 m	Summe		14,62 m
OG West	1,50 * 2	3,00 m	17. Detail 4.2.2.11: Dachanschluss Traufe		
Summe		13,00 m	Satteldach	(10,19 - 2,65) * 2	15,08 m
4. Detail 7.1.2.13: Balkontürleibung			Gaube	1,48 * 2 * 2	5,92 m
EG Süd	2,54 * 2 * 3	15,24 m	Summe		21,00 m
EG Ost	2,54 * 2	5,08 m	18. Detail 4.5.2.11: Dachanschluss Ortgang		
Summe		20,32 m		2,20 * 2 * 2 + 0,28 * 2 * 2	9,92 m
5. Detail 8.7.2.11: Fußpunkt Balkontüren					
EG Süd	1,50 + 1,00 + 1,50	4,00 m			
EG Ost	1,00	1,00 m			
Summe		5,00 m			
6. Detail 7.7.2.11: Balkontür-Rolladenanschluss					
EG Süd	1,50 + 1,00 + 1,50	4,00 m			
EG Ost	1,00	1,00 m			
Summe		5,00 m			

Tafel 14: Detaillierte Ermittlung von ΔU_{WB}

Beschreibung	Länge [m]	F_x [-]	ψ [W/m-K]	$H_{T,WB}$ [W/K]
Fensterleibung (Rolladen)-Wand/KS-Thermohaut (160/40)	37,500	1	0,004	0,1500
Fensterbrüstung (Rolladen)/KS-Thermohaut (160/)	13,000	1	0,023	0,2990
Rolladenkasten/KS-Thermohaut (160/)	13,000	1	0,140	1,8200
Fensterleibung (Rolladen)-Wand/KS-Thermohaut (160/40)	20,320	1	0,004	0,0813
Türanschluss (beheizter Keller)/KS-Thermohaut (120/300)	5,000	1	0,001	0,0050
Rolladenkasten/KS-Thermohaut (160/)	5,000	1	0,140	0,7000
Fensterleibung-Wand, Einbaulage Wandebene/KS-Thermohaut (160/40)	5,080	1	0,002	0,0102
Türanschluss (beheizter Keller)/KS-Thermohaut (120/300)	1,500	1	0,001	0,0015
Fenstersturz, Einbaulage Wandebene/KS-Thermohaut (160/40)	1,500	1	0,016	0,0240
KG-Fundament, Bodenplatte innengedämmt/KS-Mauerwerk außengedämmt, KS-ISO-Kimmstein (0,33/120)	36,360	1	0,058	2,1089
KG-Innenwand-Fundament, Bodenplatte inneng./KS-Mauerwerk, KS-ISO-Kimmstein (120/0,33)	16,955	0,45	0,212	1,6175
Sockel-Kellerdecke (beheizter Keller)/KS-Thermohaut (160/120)	36,360	1	0,019	0,6908
Außenecke/KS-Thermohaut (160/150)	15,880	1	-0,069	-1,0957
Außenecke im Erdreich/KS-Mauerwerk außengedämmt (120/300)	11,200	0,6	-0,090	-0,6048
Geschossdeckenauflager – Außenwand/KS-Thermohaut (160/0,04)	36,360	1	0,005	0,1818
Oberste Geschossdecke-Giebel, Geschossdecke außengedämmt/KS-Thermohaut (160/0,99)	14,620	1	0,133	1,9445
Traufe-Sparrendach, Zwischensparrendämmung/KS-Thermohaut (160/240)	21,000	1	-0,077	-1,6170
Ortgang, Zwischensparrendämmung/KS-Thermohaut (160/240)	9,920	1	-0,033	-0,3274
			Summe $H_{T,WB}$:	5,990
		mit	$A_{Ges} =$	453,67
			$\Delta U_{WB} =$	0,013

Energieausweis

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

ausgegeben am: 2019 1

Gebäude		Gebäudefoto (freiwillig)
Gebäudetyp	Einfamilienwohnhaus	
Adresse	Musterstraße 11, 12345 Musterhausen	
Gebäudejahr		
Baujahr Gebäude	2009	
Baujahr Anlagentechnik ¹⁾	2009	
Anzahl Wohnungen	1	
Gebäudeheizfläche (A _H)	215,0	
Erneuerbare Energien		
Lüftung		
Anlass der Ausstattung des Energieausweises	<input checked="" type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Vermietung / Verkauf <input type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung / Erweiterung) <input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig)	

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes
 Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des Energiebedarfs unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des Energieverbrauchs ermittelt werden. Als Bezugsgröße dient die energetische Gebäudeheizfläche nach der EnEV, die sich in der Regel von den allgemeinen Wohnflächenangaben unterscheidet. Die angegebenen Vergleichswerte sollen übersichtliche Vergleiche ermöglichen (Erläuterungen – siehe Seite 4).
 Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des Energiebedarfs erstellt. Die Ergebnisse sind auf Seite 2 dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig.
 Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des Energieverbrauchs erstellt. Die Ergebnisse sind auf Seite 3 dargestellt.
 Catering/Bedarf/Verbrauch durch Eigentümer Aussteller
 Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigefügt (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 übersichtlichen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller
 Dipl.-Ing. Mustermann
 Ing. Büro Mustermann
 Musterweg 21
 12345 Musterstadt
 Datum:
 Unterschrift des Ausstellers:

¹⁾ Mehrangaben möglich

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes 2

Adresse: Gebäudeid:

Energiebedarf

Endenergiebedarf dieses Gebäudes CO_2 -Emissionen¹⁾ $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

53,1 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 61,5 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

0 50 100 150 200 250 300 350 400 >400

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes ("Gesamtenergieeffizienz")

Die Energiebedarfsberechnung ist ein standardisiertes Verfahren:
 Aufwandskoeffizient gemäß EN 12531²⁾
 Endenergiekoeffizient
 Heizwert 61,5 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$; Anforderungswert 74,8 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4751-10
 Energieeffizienzkoeffizient
 Heizwert 0,30 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; Anforderungswert 0,40 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ Verfahren nach DIN V 18209
 Wärmeleitkoeffizient
 Heizwert 0,30 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; Anforderungswert 0,40 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ Verfahren nach § 9 Abs. 2 EnEV
 Wärmeleitkoeffizient
 Heizwert 0,30 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; Anforderungswert 0,40 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ Verfahren nach § 9 Abs. 2 EnEV

Endenergiebedarf

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ für	Gesamt in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
Gas/Öl	Heizung	
Strom	Wärmewasser	
	Klimatisierung	51,0
		2,1

Ersatzmaßnahmen³⁾

Anforderungen nach § 7 Nr. 2 EnEV sind eingehalten.
 Die um 15 % verschärfte Anforderungswerte sind eingehalten.
 Anforderungen nach § 7 Nr. 2 i. V. m. § 9 EnEV sind eingehalten.
 Die Anforderungswerte der EnEV sind um % verschärfte.
 Endenergiebedarf $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
 Verschärfte Anforderungswerte $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
 Transparenzmaßnahmen $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 Verschärfte Anforderungswerte $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Vergleichswerte Endenergiebedarf

Standard	Wert
EnEV 2009 (Standard)	~100
EnEV 2009 (Energieeffizient)	~150
EnEV 2009 (Energieeffizient)	~200
EnEV 2009 (Energieeffizient)	~250
EnEV 2009 (Energieeffizient)	~300
EnEV 2009 (Energieeffizient)	~350
EnEV 2009 (Energieeffizient)	~400

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren
 Die Energieberechnung basiert auf der Berechnung des Energiebedarfs unter standardisierten Randbedingungen. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Wohngebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen übersichtlichen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.
¹⁾ Freiwilliche Angabe
²⁾ Nur bei Neubau, im Falle der Anwendung von § 7 Nr. 2, Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
³⁾ EPH, Erdwärmepumpe, UfPH, Wandwärmepumpe ⁴⁾ ggf. einschließlich Lüftung

8.2 Variationen baulicher und anlagentechnischer Ausführungen

Um die baupraktischen Auswirkungen der Anforderungen und Möglichkeiten zur Erfüllung der EnEV aufzuzeigen, werden zwei Beispielgebäude betrachtet. Es handelt sich hierbei um ein frei stehendes Einfamilienhaus (Tafel 15) und ein als Zweispänner ausgeführtes Mehrfamilienhaus (Tafel 16).

Für die Gebäude erfolgen Variantenbildungen im Bereich baulicher und anlagentechnischer Maßnahmen. Zur Einhaltung des jeweiligen maximal zulässigen

- Primärenergiebedarfs

beziehungsweise des

- spezifischen Transmissionswärmeverlustes

werden die Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwände, des Daches und der Kellerdecke beispielhaft angepasst.

In den Tafeln 17 und 18 sind die betrachteten Varianten mit Angabe der Randbedingungen bezüglich des Luftwechsels (n) und des Wärmebrückenkorrekturwertes (ΔU_{WB}), die jeweiligen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte), der spezifische Transmissionswärmeverlust (H_T'), die Anlagenaufwandszahl e_p sowie der flächenbezogene End- (q_e) und Primärenergiebedarf (q_p) aufgeführt. Die sich aus einer Variante ergebenden geänderten Bilanzanteile am Jahres-Primärenergiebedarf sind in den Tafeln 17 und 18 unterlegt. Die jeweils greifende Anforderung – Primärenergiebedarf oder spezifischer Transmissionswärmeverlust – ist fett gedruckt.

Beide Gebäude entsprechen im Ausgangsfall baulich sowie anlagentechnisch der Referenzausführung gemäß Energieeinsparverordnung.

8.2.1 Bauliche Randbedingungen

Auf der baulichen Seite wird für den Grundfall angenommen, dass die Gebäude bei Einsatz einer Abluftanlage den Anforderungen an die Gebäudedichtheit genügen, was durch eine Dichtheitsprüfung nachgewiesen wird. In diesem Fall wird ein Luftwechsel von $0,55 \text{ h}^{-1}$ angesetzt. Die Berücksichtigung der Wärmebrücken erfolgt im Grundfall pauschal, wobei der Bonus einer Halbierung – für Ausführungen vergleichbar zum Beiblatt 2 der DIN 4108 mit $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ – in Ansatz gebracht wird. Eine detaillierte Berech-

Tafel 15: Für die Variationen betrachtetes frei stehendes Einfamilienhaus

<p>Gebäudedaten</p> <p>frei stehendes Einfamilienhaus</p> <p>Fensterflächenanteil Fassade Nord 15 %, Süd 35 %, Ost/West 25 %</p> <p>Ausführung der Wärmebrücken gemäß DIN 4108, Beiblatt 2</p>	<p>Anforderung gemäß EnEV</p> <p>$H_{T',max} = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p> <p>$q_{p,max} = 86,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$</p>
---	--

<p>Gebäudegeometrie</p> <p>$V_e = 459 \text{ m}^3$ $A_N = 147 \text{ m}^2$</p>	<p>Anlagentechnik</p> <p>Zentralheizung (Brennwertkessel 55/45 °C) mit solar unterstützter Trinkwassererwärmung Abluftanlage</p>	
---	---	--

Tafel 16: Für die Variationen betrachtetes Mehrfamilienhaus

<p>Gebäudedaten</p> <p>Wohngebäude 3-geschossig (Zweispänner)</p> <p>Fensterflächenanteil je Fassade 25 %</p> <p>Ausführung der Wärmebrücken gemäß DIN 4108, Beiblatt 2</p>	<p>Anforderung gemäß EnEV</p> <p>$H_{T',max} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$</p> <p>$q_{p,max} = 60,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$</p>
--	--

<p>Gebäudegeometrie</p> <p>$V_e = 4158 \text{ m}^3$ $A_N = 1331 \text{ m}^2$</p>	<p>Anlagentechnik</p> <p>Zentralheizung (Brennwertkessel 55/45 °C) mit solar unterstützter Trinkwassererwärmung Abluftanlage</p>	
---	---	--

nung der Wärmebrückeneinflüsse mittels Wärmebrückenverlustkoeffizienten (ψ -Werte) kann z.B. zu einem Wert von $\Delta U_{WB} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ führen, wie in Variante 1 dargestellt. Bei allen Varianten gilt, dass für die Gebäude eine schwere Bauweise angenommen wird und eine Nachtabschaltung erfolgt. Als Berechnungsverfahren wird die Monatsbilanz nach DIN V 4108-6 zugrunde gelegt.

8.2.2 Anlagentechnische Randbedingungen

Im Grundfall sind die Gebäude mit einer Zentralheizung (Brennwertkessel (verbessert), Spreizung 55/45 °C) mit kombinierter und solar unterstützter Trinkwassererwärmung durch Flachkollektoren ausgestattet. Der Wärmeerzeuger und ein bivalenter Speicher sind beim EFH innerhalb und beim MFH außerhalb der

thermischen Hülle aufgestellt. Die horizontale Verteilung des Trinkwarmwassers (mit Zirkulation) und des Warmwassers für die Raumwärme erfolgt beim Mehrfamilienhaus ebenfalls außerhalb, beim Einfamilienhaus innerhalb der thermischen Hülle. Die vertikalen Verteilstränge werden in beiden Fällen innenliegend angeordnet. Die Heizflächen sind mit Thermostatventilen ausgestattet (Auslegungsproportionalbereich 1 Kelvin).

In Variante 2 wird auf eine Abluftanlage verzichtet. Hierdurch muss bei nach wie vor nachgewiesener Luftdichtheit der Luftwechsel auf 0,6 h⁻¹ angepasst werden. Bei Variante 3 wird der im Ausgangsfall eingesetzte Brennwertkessel durch eine Sole/Wasser-Wärmepumpe mit einer Spreizung von 35/28 °C ersetzt. Als Wärmeübergabesystem wird für diesen Fall von einer Fußbodenheizung mit elektronischer Regelung ausgegangen. Variante 4 verzichtet auf die solar unterstützte Trinkwarmwasserbereitung und beschreibt den Fall einer 15 %igen Unterschreitung der EnEV-Anforderungswerte gemäß EEWärmeG für den Fall, dass kein regenerativer Energieträger zur Wärmebereitstellung eingesetzt wird (Ersatzmaßnahme). Hier wird neben den baulichen Anpassungen der Einsatz ei-

ner zentralen Zu-/Abluftanlage mit 80 % Wärmerückgewinnung (DC-Ventilatoren) ohne Nachheizung vorgesehen.

Das Einfamilienhaus in Variante 7 (KfW-Effizienzhaus 55) und das Mehrfamilienhaus in Variante 6 und 7 (KfW-Effizienzhaus 70 und 55) werden ebenfalls mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) ausgestattet. Außerdem werden die Heizkörper des EFH in Variante 7 mit elektronischen Thermostatventilen mit Optimierungsfunktion versehen.

8.2.3 Ergebnisse

Bei unveränderter Anlagentechnik gegenüber dem Ausgangsfall führt die Variante 1 dazu, dass der Wärmeschutz der Außenbauteile eine Entlastung erfährt. Der Verzicht auf eine Abluftanlage in Variante 2 verbessert durch den Wegfall des Strombedarfs der Abluftanlage beim EFH die Anlagenaufwandszahl gerade in dem Maße, dass hierdurch die infolge eines höher angesetzten Luftwechsels entstehenden zusätzlichen Wärmeverluste kompensiert werden. In der Regel werden bei Verzicht auf eine Abluftanlage, wie beim MFH, allerdings geringfügige Verbesserungen des baulichen Wärmeschutzes erforderlich, damit die EnEV-Anforderungswerte eingehalten werden.

Bei Verwendung einer Sole/Wasser-Wärmepumpe in Fall 3 fließt ein Anteil regenerativer Wärmeerzeugung in die Bilanz ein. Hierdurch kann ein hoher Anteil der Primärenergieumwandlungsverluste durch Nutzung regenerativer Energie kompensiert werden. In diesem Fall greift die Zusatzanforderung an den baulichen Wärmeschutz bei beiden Gebäuden, wonach für das Einfamilienhaus ein H_T'-Wert von 0,4 W/(m²·K) und für das Mehrfamilienhaus ein H_T'-Wert von 0,5 W/(m²·K) einzuhalten ist.

Für die Varianten 4, in denen auf die solar unterstützte Trinkwarmwasserbereitung verzichtet wird, ergeben sich gemäß EEWärmeG um 15 % verschärfte Anforderungen an den Primärenergiebedarf (EFH: 73,2 kWh/(m²·a); MFH: 51,3 kWh/(m²·a)) und an den spezifischen Transmissionswärmeverlust (EFH: 0,34 W/(m²·K); MFH: 0,43 W/(m²·K)). Nur bauliche Maßnahmen reichen hier nicht aus, um die verschärfte Anforderungswerte einzuhalten, zusätzlich wird eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) anstelle der reinen Abluftanlage im Ausgangsfall erforderlich.

Die Einhaltung der KfW-Effizienzhaus-Anforderungen ist bei dem EFH für das

Tafel 17: Ausführungsbeispiele für das in Tafel 15 dargestellte Einfamilienhaus bei unterschiedlichen baulichen und anlagentechnischen Randbedingungen

Variante	n [h ⁻¹]	ΔU _{wb} [W/(m ² ·K)]	U _{w/g}	U _{AW}	U _D	U _G	H _T '	e _p [-]	q _e [kWh/(m ² ·a)]	q _b [kWh/(m ² ·a)]
			[W/(m ² ·K)]							
0 Referenzausführung	0,55	0,05	1,30/0,60	0,28	0,20	0,35	0,36	1,20	71,8	86,1
1 Wärmebrücken detailliert	0,55	0,02	1,30/0,60	0,35	0,24	0,34	0,36	1,20	71,6	85,9
2 ohne Abluftanlage	0,6	0,05	1,30/0,60	0,28	0,20	0,35	0,36	1,16	73,3	86,1
3 Sole/Wasser-Wärmepumpe	0,55	0,05	1,30/0,60	0,30	0,25	0,40	0,40	0,78	23,4	60,8
4 EEWärmeG (Ersatzmaßnahme)	0,6	0,02	0,90/0,55	0,20	0,20	0,26	0,26	1,27	58,9	73,1
5 KfW-Effizienzhaus 85	0,55	0,05	0,90/0,55	0,20	0,19	0,25	0,29	1,23	60,2	73,0
6 KfW-Effizienzhaus 70	0,55	0,02	0,90/0,55	0,15	0,15	0,18	0,22	1,26	48,7	60,2
7 KfW-Effizienzhaus 55	0,6	0,02	0,90/0,55	0,15	0,15	0,18	0,22	0,94	35,3	47,4

Tafel 18: Ausführungsbeispiele für das in Tafel 16 dargestellte Mehrfamilienhaus bei unterschiedlichen baulichen und anlagentechnischen Randbedingungen

Variante	n [h ⁻¹]	ΔU _{wb} [W/(m ² ·K)]	U _{w/g}	U _{AW}	U _D	U _G	H _T '	e _p [-]	q _e [kWh/(m ² ·a)]	q _b [kWh/(m ² ·a)]
			[W/(m ² ·K)]							
0 Referenzausführung	0,55	0,05	1,30/0,60	0,28	0,20	0,35	0,41	1,14	51,9	60,3
1 Wärmebrücken detailliert	0,55	0,02	1,30/0,60	0,32	0,26	0,35	0,41	1,14	52,0	60,3
2 ohne Abluftanlage	0,6	0,05	1,30/0,60	0,28	0,20	0,34	0,41	1,09	53,4	60,3
3 Sole/Wasser-Wärmepumpe	0,55	0,05	1,40/0,60	0,36	0,30	0,60	0,50	0,71	16,7	43,4
4 EEWärmeG (Ersatzmaßnahme)	0,6	0,05	0,90/0,55	0,20	0,20	0,26	0,32	1,07	42,0	51,3
5 KfW-Effizienzhaus 85	0,55	0,05	0,90/0,55	0,19	0,18	0,27	0,32	1,16	43,8	51,3
6 KfW-Effizienzhaus 70	0,6	0,05	0,90/0,55	0,21	0,20	0,35	0,34	0,85	33,5	42,1
7 KfW-Effizienzhaus 55	0,6	0,02	0,90/0,55	0,15	0,15	0,18	0,25	0,81	25,5	33,2

Effizienzhaus 85 und das Effizienzhaus 70 durch rein bauliche Maßnahmen möglich. Wie zuvor erwähnt, werden erst für das Effizienzhaus 55 eine Lüftungsanlage mit WRG sowie eine Anpassung bei der Wärmeübergabe durch elektronische Thermostate mit Optimierungsfunktion erforderlich. Das MFH erhält bereits in der Ausführung als Effizienzhaus 70 eine Lüftungsanlage mit WRG.

9. PLANUNGS- UND AUSFÜHRUNGSEMPFEHLUNGEN

Auf der Basis der dargestellten Berechnungsansätze und -beispiele lassen sich für den Umgang mit der Energieeinsparverordnung Handlungs- und Ausführungsempfehlungen ableiten.

9.1 Einbeziehung baulicher und anlagentechnischer Randbedingungen im früheren Planungsstadium

Die heute oftmals noch praktizierte Vorgehensweise, den Anlagenplaner bzw. den ausführenden Fachbetrieb nach Festlegung der wärmeschutztechnischen Planung oder gar nach der Ausführung einzubeziehen, wird künftig nicht mehr möglich sein. Da abhängig von den Bestimmungen in einzelnen Bundesländern der EnEV-Nachweis mit dem Bauantrag eingereicht werden muss, ist es erforderlich, zumindest die Eckdaten für die bauliche und anlagentechnische Ausführung in einem frühen Planungsstadium zu fixieren. Im Rahmen des rechnerischen Nachweises wird für die Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs sicherlich der größte Zeit- und Arbeitsaufwand – wie bisher – bei der Bestimmung des beheizten Gebäudevolumens, der Wärme übertragenden Hüllfläche und der Wärmedurchgangskoeffizienten liegen. Die detaillierten Ansätze des Berechnungsverfahrens werden über geeignete Software leicht zu behandeln sein.

9.2 Wärmebrücken

Der bekannte Zusammenhang, dass bei verbessertem Wärmeschutzniveau der Wärmeverlust über Wärmebrücken zunimmt, wird im Nachweisverfahren der EnEV berücksichtigt. Bei der Berechnung der Transmissionswärmeverluste werden die Wärmebrückeneffekte über Wärmebrückenkorrekturwerte ΔU_{WB} erfasst. In der Referenz-Bautechnik ist $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ als Standardwert vorgegeben. Auch im auszuführenden Gebäude (Ist-Gebäude) sollten die Empfehlungen nach DIN 4108, Beiblatt 2 als Mindeststandard eingehalten werden.

Liegen für die im Rahmen des Nachweises verwendeten Baukonstruktionen Lösungen für Wärmebrückendetails vor, so kann eine Optimierung über die detaillierte Ermittlung von ΔU_{WB} erfolgen. Wie das Beispiel in Abschnitt 2 zeigt, lassen sich mit der detaillierten Planung erhebliche Verbesserungen erreichen. Als Planungshilfsmittel kann hierbei der Wärmebrückenkatalog [20] und [21] herangezogen werden, in dem die Empfehlungen gemäß DIN 4108, Beiblatt 2 und weitere Details aufgenommen sind.

Die Kalksandsteinindustrie bietet mit dem Wärmebrückenkatalog Kalksandstein ein einfaches Hilfsmittel zur detaillierten Ermittlung und Bewertung von Wärmebrücken an. Er steht auf der KS-Homepage zum kostenlosen Download zur Verfügung.

9.3 Luftdichtheit

Die Anforderungswerte an die Luftdichtheit der Gebäudehülle sind in DIN 4108-7 genannt:

- Gebäude mit natürlicher Lüftung:
 $n_{50} < 3,0 \text{ h}^{-1}$
- Gebäude mit mechanischer Lüftung:
 $n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$

Die EnEV schreibt vor, dass bei Einsatz einer mechanischen Lüftungsanlage eine Dichtheitsprüfung durchgeführt werden muss. Wird bei natürlich belüfteten Gebäuden – diese Form der Lüftung wird in nächster Zukunft noch die am häufigsten anzutreffende sein – eine Dichtheitsprüfung durchgeführt und der genannte Anforderungswert eingehalten, darf im Nachweisverfahren ein Bonus in Ansatz gebracht werden. Mit den Kosten für eine Messung nach dem Blower Door-Verfahren von rd. 300 € für ein Einfamilienhaus und rd. 600 € für ein Mehrfamilienhaus mit sechs bis acht Wohneinheiten, stellt sich die Einhaltung der Dichtheitsanforderungen als wirtschaftlich sehr günstige Option im rechnerischen Nachweis nach EnEV dar. Hierbei ist zu beachten, dass Planung und Ausführung sorgfältig vorzunehmen sind, da Nachbesserungen bei der Luftdichtheit oftmals mit erheblichem Aufwand verbunden sind. Es ist davon auszugehen, dass die Dichtheitsprüfung in den nächsten Jahren bei den meisten Bauvorhaben Anwendung findet. Dies gilt nicht nur im Hinblick auf die energetischen Aspekte, sondern auch als Qualitätsnachweis für eine Konstruktion, die weniger

bauschadensanfällig ist und keine Zugerscheinungen auftreten lässt.

In DIN 4108-7 ist über die genannten Anforderungswerte hinaus eine große Anzahl von Beispielen aufgeführt, die als Planungs- und Ausführungsempfehlungen herangezogen werden können. Grundsätzlich erscheint es sinnvoll, bei der Auswahl von Materialien (Folien, Klebebänder, Manschetten etc.) auf Paketlösungen von Herstellern zurückzugreifen. Hiermit sollte weitgehend sichergestellt sein, dass die verwendeten Produkte aufeinander abgestimmt sind und somit eine lang andauernde Dichtheit gewährleisten.

9.4 Anlagentechnik

Die heutzutage am häufigsten eingesetzte Anlagentechnik zur Gebäudebeheizung, die Pumpen-Warmwasserheizung, bietet auch in der nächsten Zukunft Optimierungspotenziale. Im Wesentlichen wird dies durch den Einsatz effizienter Wärmeerzeuger – insbesondere in Verbindung mit dem Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien –, optimierte Rohrleitungsführung (möglichst kurz und im beheizten Bereich geführt) sowie hochwertige Regelungstechnik zu erschließen sein. Weiterhin ist es in jedem Fall sinnvoll, konkrete Produkt-Kennwerte im Nachweis zu berücksichtigen. Die Standard-Werte in DIN V 4701-10 orientieren sich am unteren energetischen Durchschnitt der Marktniveaus und führen somit zu ungünstigeren Ergebnissen.

Über die Erschließung der zuvor genannten energetischen Potenziale heute eingesetzter Anlagentechnik hinaus, sind die Anforderungen des EEWärmeG einzuhalten. Der Einsatz solarthermischer Anlagen zur Unterstützung der Warmwasserbereitung stellt in dem Zusammenhang meist die wirtschaftlich sinnvollste Lösung dar. Wird von der Regelung der Ersatzmaßnahme, die EEWärmeG-Anforderung mit einem verbesserten EnEV-Standard (-15 %) zu erreichen, Gebrauch gemacht, ist der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung – in Verbindung mit einem sehr guten baulichen Wärmeschutz – praktisch unumgänglich. In Gebäuden, die das Niveau der KfW-Spitzenförderung erzielen (Effizienzhaus 55), wird als Wärmeerzeuger in der Regel ein auf erneuerbaren Energien basierendes System (Wärmepumpe oder Holzpelletofen) Verwendung finden.

9.5 Nachweisverfahren

Als Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs dienen für die Kategorie Wohngebäude die bislang

im Rahmen der EnEV 2007 herangezogenen Normen DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10. Alternativ ist die Anwendung der DIN V 18599 möglich.

Im Weiteren sind einige Berechnungsergebnisse der beiden Nachweisverfahren für zwei Modellgebäude gemäß den Geometrien in Tafel 15 und Tafel 16 aufgeführt.

Die Tafeln 19 und 20 zeigen, dass die betrachteten anlagentechnischen Maßnahmen in den verschiedenen Rechenverfahren unterschiedliche Ergebnisse hervorrufen. In den Tabellen ist ein Bezugsfall „BW“ (Heizung und Trinkwarmwasserbereitung erfolgt über einen Brennwertkessel) dargestellt, bei dem der bauliche Wärmeschutz etwa den Anforderungen der EnEV 2009 entspricht, sowie jeweils vier Varianten. Neben dem Absolutwert des Jahres-Primärenergiebedarfs in [kWh/m²-a] für beide Verfahren ist die prozentuale Abweichung zwischen den Rechenverfahren angegeben („Differenz-Verfahren“). Für die Variantenbetrachtung sind weiterhin die jeweiligen Abweichungen zum Grundfall relevant, da diese abgesehen von der Grundabweichung die Empfindlichkeit der Verfahren gegenüber

anlagentechnischen Maßnahmen darstellen. Im Einzelnen zeigen sich bei den Varianten folgende Ergebnisse:

- Bei „BW+Solar“ wird zusätzlich zum Brennwertkessel eine thermische Solaranlage zur Unterstützung der Trinkwarmwasserbereitung eingesetzt. Bei beiden Gebäudetypen wird die Solartechnik über DIN V 4701-10 besser bewertet als über DIN V 18599.
- Der Einsatz einer Zu-/Abluftanlage zur Wohnungslüftung „BW+WLA“ wird mittels DIN V 18599 allgemein besser bewertet als bei der DIN V 4701-10, was den erwarteten Ergebnissen entspricht.
- Die Kombination der zuvor genannten Maßnahmen „BW+Solar+WLA“ führt beim MFH aufgrund der gegenläufigen Auswirkung der Einzelmaßnahmen zu einer Kompensation hinsichtlich der Differenzen zum Grundfall.
- Die Variante „WP“ stellt eine Sole-Wasser-Wärmepumpe für kombinierten Heizungs-Warmwasser-Betrieb dar. Die Berechnungsansätze für Wärmepumpen in den beiden Verfahren sind

praktisch nicht mehr vergleichbar, da gemäß DIN V 18599 auf ein europäisches Verfahren zurückgegriffen wird, welches durchgehend auf anderen Ansätzen aufbaut. Daher ist auch eine äquivalente Parametrierung der verglichenen Systeme nur eingeschränkt möglich. Es zeigt sich jedoch, dass allgemein die recht hohen Verbesserungen bei der Bewertung des Einsatzes von Wärmepumpen im MFH gemäß DIN V 4701-10 mit dem Verfahren der DIN V 18599 nicht erreicht werden können.

Aus den dargestellten Berechnungen lässt sich ableiten, dass für die Ausweisung eines geringen Jahres-Primärenergiebedarfs das bisherige Verfahren (DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10) als vorteilhaft erscheint. Die Überprüfung der Einhaltung der Anforderung der Energieeinsparverordnung wird mit beiden Rechenverfahren gleich bewertet, da sowohl für das Referenzgebäude als auch für das zu errichtende Gebäude der gleiche Berechnungsansatz zu wählen ist. Hinsichtlich der Wertung einzelner Einflussgrößen (z. B. Wohnungslüftungsanlage oder Wärmepumpe) kann keine allgemeine Aussage getroffen werden.

Tafel 19: Ausführungsvarianten anlagentechnischer Maßnahmen beim EFH gemäß Tafel 15.

Varianten	Q _p [kWh/(m ² -a)]		Differenz- Verfahren	Differenz zum Grundfall	
	DIN V 4108-6 DIN V 4701-10	DIN V 18599		DIN V 4108-6 DIN V 4701-10	DIN V 18599
BW (= Grundfall)	82,2	90,3	10 %		
BW+Solar	68,2	81,6	20 %	-17 %	-10 %
BW+WLA	70,6	77,9	10 %	-14 %	-14 %
BW+Solar+WLA	56,5	66,4	17 %	-31 %	-27 %
Sole/Wasser-WP	55,5	64,9	17 %	-32 %	-28 %

Tafel 20: Ausführungsvarianten anlagentechnischer Maßnahmen beim MFH gemäß Tafel 16

Varianten	Q _p [kWh/(m ² -a)]		Differenz- Verfahren	Differenz zum Grundfall	
	DIN V 4108-6 DIN V 4701-10	DIN V 18599		DIN V 4108-6 DIN V 4701-10	DIN V 18599
BW (= Grundfall)	72,7	83,8	15 %		
BW+Solar	61,3	73,7	20 %	-16 %	-12 %
BW+WLA	61,3	67,8	11 %	-16 %	-19 %
BW+Solar+WLA	49,9	57,7	16 %	-31 %	-31 %
Sole/Wasser-WP	48,0	65,0	36 %	-34 %	-22 %

10. DIE EnEV FÜR NICHTWOHNGBÄUDE

10.1 Anforderungen

Die Anforderungen an neu zu errichtende Nichtwohngebäude werden, wie auch in der EnEV 2007, über das Referenzgebäudeverfahren formuliert. Hierbei wird für das neu zu errichtende Gebäude – mit seiner vorgesehenen, tatsächlichen Geometrie und Ausrichtung mit einer vorgegebenen Referenzausführung des baulichen Wärmeschutzes und sonstigen Kennwerten der Gebäudehülle sowie einer Referenzanlagentechnik – der Jahres-Primärenergiebedarf ermittelt und als Maximalwert für das tatsächlich zu errichtende Gebäude definiert. Dieser maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf ist mit der tatsächlichen Gebäudeausführung einzuhalten.

Zur Referenzausführung zählen:

- der Wärmeschutz der Gebäudehülle mit ergänzenden thermischen Kennwerten und
- die Anlagentechnik für Heizung, Kühlung, Warmwasserbereitung, Raumlufttechnik und Beleuchtung.

Die Referenzausführung wird gegenüber den Vorgaben in der EnEV 2007 in allen zuvor genannten Bereichen verschärft. Grundlegende Informationen zur Entwicklung der Referenzausführung und des damit verbundenen Anforderungsniveaus von Nichtwohngebäuden sind einem Forschungsbericht [35] zu entnehmen.

Die Zusatzanforderungen an den einzuhaltenden Wärmeschutz der Gebäudehülle werden über mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten opaker und transparenter Bauteile vorgegeben. Die Aspekte Wärmebrücken, Luftdichtheit, Mindestluftwechsel sowie sommerlicher Wärmeschutz sind bei Nichtwohngebäuden prinzipiell wie bei Wohngebäuden in der EnEV 2009 behandelt. Dies gilt auch für Änderungen und Nachrüstungen im Bestand.

10.2 Berechnungsverfahren

Die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs für Nichtwohngebäude im Rahmen der EnEV erfolgt auf Basis der DIN V 18599 [7]. Die Berechnungen erlauben die Beurteilung aller Energiemengen, die zur bestimmungsgemäßen Heizung, Warmwasserbereitung, raumluftechnischen Konditionierung und Beleuchtung von Gebäuden notwendig sind. Dabei berücksichtigt DIN V 18599 auch die gegenseitige Beeinflussung von Energieströmen und die daraus resultierenden planerischen Konsequenzen.

DIN V 18599 besteht aus zehn Teilen mit nachfolgenden Bezeichnungen:

- Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
- Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
- Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
- Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
- Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen
- Teil 6: Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Lüftungsanlagen für den Wohnungsbau
- Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
- Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
- Teil 9: End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten

Im Teil 1 sind die Bilanzierungsregeln beschrieben und die Schnittstellen zu den anderen Teilen der Norm definiert. Darüber hinaus sind die Zonierungsregeln (Aufteilung eines Gebäudes in Zonen aufgrund unterschiedlicher Nutzungen oder anlagentechnischer Eigenschaften) und die Primärenergiefaktoren festgelegt.

Die Teile 2 bis 4 beschäftigen sich mit der Ermittlung der Nutzenergie für konditionierte Gebäudeteile. Hierbei wird unterschieden zwischen dem Energiebedarf, der in Nutzungszonen entsteht, um die gewünschten thermischen und visuellen Randbedingungen sicherzustellen, und dem Energiebedarf, der für die Luftaufbereitung notwendig ist, um die Zuluft von Außenluftbedingungen auf Zuluftbedingungen zu konditionieren. Hierin sind auch Prozesse wie Be- und Entfeuchtung enthalten. Die Nutzenergie berücksichtigt nicht die Effizienz der Anlagentechnik, sondern gibt Auskunft über den Bedarf an Energie, den ein Gebäude bei vorgegebenen Nutzungsbedingungen erfordert.

In den Teilen 4 bis 8 sind die Regeln für die Ermittlung der Energieeffizienz der Anlagentechnik für Beleuchtung, Heizung, Lüftung, Kühlung und Warmwasser definiert. Im Teil 9 wird beschrieben, wie die Energieaufwendungen in multifunktionalen Generatoren, wie z.B. Blockheizkraftwerken, primärenergetisch zu bewerten sind.

Angaben über die Randbedingungen für unterschiedliche Nutzungen in Gebäuden finden sich im Teil 10 sowohl als standardisierte Nutzungsprofile für die Erstellung des Energieausweises als auch als typische Bandbreiten für die Energieberatung [36].

10.3 Beispiele

Für drei Beispielgebäude in Bild 15 – ein Bürogebäude, eine Schule und ein Hotel – wird der aus den Referenzanforderungen der Energieeinsparverordnung resultierende Jahres-Primärenergiebedarf berechnet.

Neben der Vorgabe der Referenzwerte für die Ausführung der Gebäudehülle und der Anlagentechnik sind bei den jeweiligen Gebäuden folgende Annahmen getroffen:

- Bürogebäude: Fensterflächenanteil 50 %; Außenjalousie in Ost-, West- und Südorientierung ($g_{tot} = 0,06$); leichte Ausführung; Blendschutz vorhanden; keine Warmwasserbereitung (Berücksichtigung der Bagatellgrenze gem. DIN V 18599-10); Zonen mit Kühlung (RLT und Raumkühlung) ca. 20 % der Gesamtfläche; Zonen mit freier Lüftung ca. 70 % der Gesamtfläche; Zonen mit Lüftungsanlage ca. 10 % der Gesamtfläche.
- Schule: Fensterflächenanteil 40 %; Außenjalousie in Ost-, West- und Südorientierung ($g_{tot} = 0,06$); leichte Ausführung; zentrale Warmwasserbereitung; Zonen mit freier Lüftung ca. 95 % der Gesamtfläche; Zonen mit Lüftungsanlage ca. 5 % der Gesamtfläche.
- Hotel: Fensterflächenanteil 60 %; Außenjalousie in Ost-, West- und Südorientierung ($g_{tot} = 0,06$); leichte Ausführung; zentrale Warmwasserbereitung; Zonen mit Kühlung (RLT und Raumkühlung) ca. 65 % der Gesamtfläche; Zonen mit Lüftungsanlage ca. 35 % der Gesamtfläche.

Die Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung (Raum und RLT), Warmwasser, Beleuchtung, Lufttransport und Hilfsenergie (Heizung und Kühlung) sind für die drei Beispielgebäude in Bild 16 grafisch wiedergegeben.

Der größte Heizenergiebedarf tritt aufgrund des vergleichsweise hohen A/V_e -Verhältnisses und der reinen Fensterlüftung (keine Wärmerückgewinnung) beim Schulgebäude auf. Der Jahres-Primärenergiebedarf für Beleuchtung ist beim Bürogebäude am größten. Hier liegen die höchsten Anforderungen an die Beleuchtungsstärke vor. Beim Hotel resultiert aus dem hohen Wärmebedarf für Trinkwarmwasser ein entsprechend hoher Primärenergiebedarf. Die raumlufttechnischen Einrichtungen (Lüftung/Kühlung) beim Hotel und Bürogebäude führen zu Anteilen des Jahres-Primärenergiebedarfs von rd. 57 bzw. 19 kWh/(m²·a).

10.4 Vereinfachtes Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude

Durch die Aufteilung eines Gebäudes in Nutzungszonen wird ein Nachweisverfahren gemäß Energieeinsparverordnung, das auf DIN V 18599 verweist, deutlich umfangreicher als im bisherigen Verfahren. Hinzu kommt, dass z. B. im Beleuchtungsbereich die einzelnen Nutzungszonen aufgrund des Einsatzes unterschiedlicher Techniken nochmals weiter in Bereiche untergliedert werden können bzw. müssen. Vor diesem Hintergrund ist neben der ausführlichen Vorgehensweise nach DIN V 18599 für Nichtwohngebäude im Rahmen der Energieeinsparverordnung ein alternatives „vereinfachtes Verfahren“ aufgenommen, welches auf der Grundlage pauschaler Annahmen ebenfalls den Nachweis der Einhaltung des festgeschriebenen Anforderungsniveaus ermöglicht. Basis für die Berechnungen bildet dabei ein „1-Zonen-Modell“, bei dem die Hauptnutzung des Gebäudes die anzusetzenden Nutzungsrandbedingungen bestimmt.

Der Anwendungsbereich für das vereinfachte Verfahren berücksichtigt die Gebäudetypen „Bürogebäude“, „Geschäftshäuser (Bürogebäude mit Verkaufseinrichtung; Bürogebäude mit Restaurant)“, „Schulen und Kindergärten“ sowie „Hotels (mit einfacher Ausstattung)“. Zusätzlich zu diesen Gebäudetypen, die bereits in der EnEV 2007 aufgenommen waren, können nach EnEV 2009 auch „Turnhallen“, „Gebäude des Groß- und Einzelhandels bis 1000 m² NGF“, „Gewerbebetriebe bis 1000 m² NGF“ und „Bibliotheken“ berücksichtigt werden.

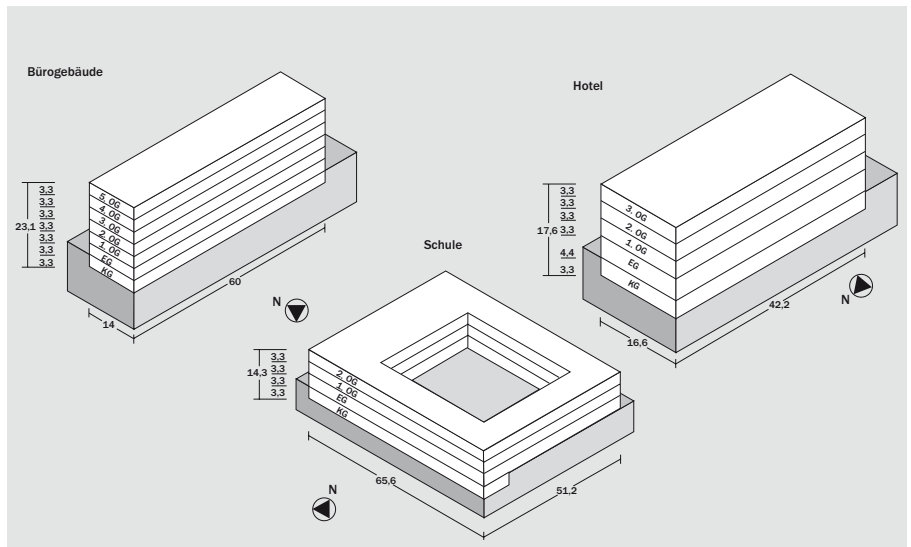


Bild 15: Bürogebäude, Schule und Hotel für die Beispielrechnung

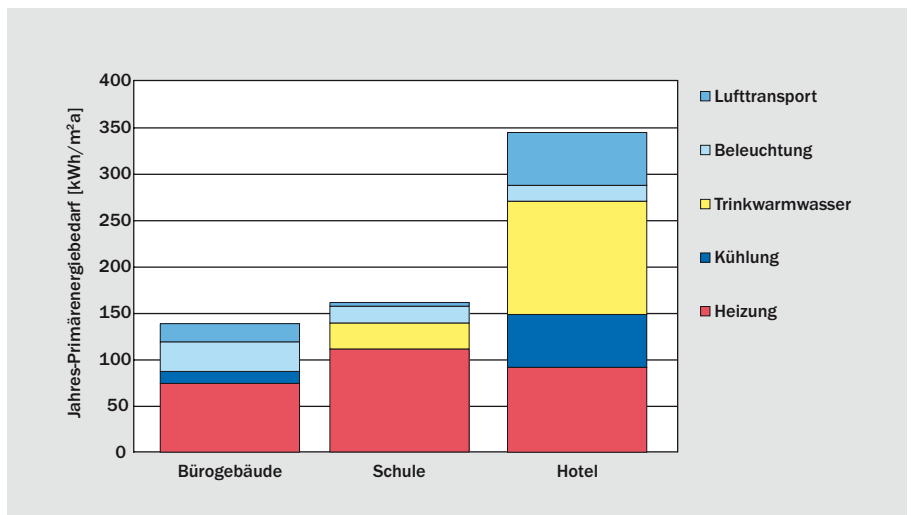


Bild 16: Jahres-Primärenergiebedarf für die Beispielgebäude mit zugrunde gelegter Referenz-Bau- und Anlagentechnik

Dabei sind die Ausführung anlagentechnischer Komponenten für Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung sowie Grenzen hinsichtlich der Anwendung des vereinfachten Verfahrens über den Flächenanteil der Hauptnutzung und der Verkehrsflächen vorgegeben: Die Summe der Flächen aus Hauptnutzung und Verkehrsfläche muss mindestens zwei Drittel der gesamten Nettogrundfläche des Gebäudes betragen.

Um eine Berechnung „auf der sicheren Seite“ zu gewährleisten, ist der Jahres-Primärenergiebedarf für das zu errichtende Gebäude und das Referenzgebäude um 10 % höher anzusetzen als der Wert, der aus der jeweiligen Berechnung resultiert. Eine Verschärfung der Anforderungen gegenüber dem ausführlichen Nachweis ist somit nicht gegeben.



Bild 17: Fraunhofer-Zentrum, Kaiserslautern

Tafel 21: U-Werte von KS-Außenwänden

	Dicke des Systems [cm]	Dicke der Dämmschicht [cm]	U [W/(m ² ·K)] λ [W/(m·K)]			Beschreibung (Aufbau)
			0,022 ¹⁾	0,032	0,035	
	29,5	10	0,20 ²⁾	0,29	0,31	einschalige KS-Außenwand mit Thermohaut (Wärmedämm-Verbundsystem)³⁾ 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 ⁴⁾ Wärmedämmstoff nach Zulassung ~ 1 cm Außenputz (λ = 0,70 W/(m·K))
	34,5	15	0,14 ²⁾	0,20	0,22	
	39,5	20	0,11 ²⁾	0,15	0,16	
	44,5	25	0,09 ²⁾	0,12	0,13	
	49,5	30	0,07 ²⁾	0,10	0,11	
	41	10	0,19	0,27	0,29	zweischalige KS-Außenwand mit Kerndämmung 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Tragschale, RDK 1,8 ⁴⁾ Kerndämmung ³⁾ Typ WZ nach DIN V 4108-10 1 cm Fingerspalt, R = 0,15 11,5 cm ⁵⁾ KS-Verblender, RDK 2,0 ⁴⁾
	43	12	0,16	0,23	0,25	
	45	14	0,14	0,20	0,22	
	47	16 ⁵⁾	0,13	0,18	0,19	
	49	18 ⁵⁾	0,11	0,16	0,17	
	51	20 ⁵⁾	0,10	0,15	0,16	
	44	10	0,20	0,28	0,30	zweischalige KS-Außenwand mit Wärmedämmung und Luftschicht 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Innenschale (tragende Wand), RDK 1,8 ⁴⁾ Wärmedämmstoff Typ WZ nach DIN V 4108-10 Luftschicht ≥ 4 cm nach DIN 1053-1 11,5 cm ⁶⁾ KS-Verblendschale (KS Vb 2,0)
	46	12 ⁵⁾	0,17	0,24	0,26	
	31,5	10	–	–	0,30	Einschalige KS-Außenwand mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 ⁴⁾ Wärmedämmstoff ⁷⁾ Typ WAB nach DIN V 4108-10 2 cm Hinterlüftung Fassadenbekleidung (Dicke nach Art der Bekleidung)
	33,5	12	–	–	0,26	
	37,5	16	–	–	0,20	
	41,5	20	–	–	0,16	
	46,5	25	–	–	0,13	
	51,5	30	–	–	0,11	
	47,5	5	–	–	0,56	Einschaliges KS-Kellermauerwerk mit außen liegender Wärmedämmung (Perimeterdämmung) 36,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 ⁴⁾ Perimeterdämmplatten ³⁾ ⁸⁾ nach Zulassung oder Typ PW nach DIN V 4108-10 Abdichtung
	50,5	8	–	–	0,40	
	52,5	10	–	–	0,34	
	57,5	15	–	–	0,25	
	62,5	20	–	–	0,20	
	67,5	25	–	–	0,17	

Als Dämmung können unter Berücksichtigung der stofflichen Eigenschaften und in Abhängigkeit von der Konstruktion alle genormten oder bauaufsichtlich zugelassenen Dämmstoffe verwendet werden, z.B. Hartschaumplatten, Mineralwolleplatten.

¹⁾ Phenolharz-Hartschaum, Zulassungsnummer Z-23.12-1465

²⁾ Nach Zulassung Z-33.84-1055

³⁾ Durch Zulassungen geregelt.

⁴⁾ Bei anderen Dicken oder RDK ergeben sich nur geringfügig andere U-Werte.

⁵⁾ Bei Verwendung von bauaufsichtlich zugelassenen Ankern mit Schalenabstand ≤ 20 cm.

⁶⁾ 9 cm möglich, nach DIN 1053-1

⁷⁾ Nach DIN 18351 dürfen nur Mineralwolle-Dämmstoffplatten eingesetzt werden.

⁸⁾ Der Zuschlag ΔU = 0,04 W/(m·K) nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen ist bereits berücksichtigt.

LITERATUR

- [1] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, 29.04.2009, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2009, Teil I, Nr. 23., Bundesanzeiger Verlag, 30. April 2009, S. 954
- [2] Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG), 1. Januar 2009
- [3] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), Ausfertigungsdatum: 24. Juli 2007, Bundesgesetzblatt BGBl I, Jahrgang 2007, S. 2684
- [4] DIN V 4108-6:2003-06 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Berechnung des Jahres-Heizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs.
- [5] DIN V 4701-10:2003-08 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung
- [6] DIN V 4701-10:2006-12, Änderungsblatt A1 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung.
- [7] DIN V 18599:2007-02: Energetische Bewertung von Gebäuden. Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.
- [8] Statistisches Bundesamt Deutschland: Verbraucherpreisindizes für Deutschland 2009. Statistisches Bundesamt (Fachserie 17, Reihe 7), Wiesbaden 2009 (www.destatis.de).
- [9] VDEW 2007: Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW – e.V. (Hg.): Endenergieverbrauch in Deutschland 2005, Berlin 2007
- [10] Statistisches Bundesamt Deutschland: Bauen und Wohnen, Bewohnte Wohneinheiten in Wohngebäuden nach überwiegender Beheizungs- und Energieart, 2006 (www.destatis.de)
- [11] Hauser, G.: Beeinflussung des Innenklimas durch Außenwände und durch Wintergärten. Bauphysik 9 (1987), H. 5, S. 155–162; Glaswelt 41 (1988), H. 10, S. 12–16, H. 11, S. 52–56
- [12] Hauser, G.; Otto, F.: Auswirkungen eines erhöhten Wärmeschutzes auf die Behaglichkeit im Sommer. Bauphysik 19 (1997), H. 6, S. 169–176; 21. Internationaler Velta Kongreß '99, S. 39–53
- [13] DIN 4108-7:2001-08 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele.
- [14] DIN 4108-2:2003-07 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [15] DIN EN 410:1998-12: Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen. Deutsche Fassung EN 410
- [16] DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden: Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele
- [17] Hauser, G.; Stiegel, H.: Wärmebrücken-Atlas für den Mauerwerksbau. Bauverlag, Wiesbaden 1990, 2. durchgesehene Auflage 1993
- [18] Hauser, G.; Stiegel, H.: Wärmebrücken-Atlas für den Holzbau. Bauverlag, Wiesbaden 1992
- [19] Hauser, G.; Schulze, H.; Stiegel, H.: Wärmetechnische Optimierung von Anschlussdetails bei Niedrigenergiehäusern und Erarbeitung von Standardlösungen. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 1996
- [20] Hauser, G.; Stiegel, H.; Haupt, W.: Wärmebrücken-katalog auf CD-ROM. Ingenieurbüro Hauser, Baunatal 1998
- [21] Wärmebrücken-katalog Kalksandstein, Hrg.: Kalksandstein-Dienstleistung GmbH, Hannover 2006
- [22] DIN EN 13829:2001-02 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden, Differenzdruckverfahren
- [23] Auslegungsfragen zur Energieeinsparverordnung (EnEV), www.dibt.de
- [24] DIN EN ISO 13786:2005-04 Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamisch-thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren
- [25] Hauser, G.: Vergleich des jährlichen Wärme- und Energieverbrauchs von Einfamilienhäusern in Leicht- und Schwerbauweise. Bundesbaublatt 33 (1984), H. 2, S. 120–124; Bauen mit Holz 86 (1984), H. 5, S. 293–297; wksb 29 (1984), H. 18, S. 10–15
- [26] Hauser, G.: Einfluss des Wärmedurchgangskoeffizienten und der Wärmespeicherfähigkeit von Bauteilen auf den Heizenergieverbrauch von Gebäuden. – Literaturstudie. Bauphysik 6 (1984), H. 5, S. 180–186, H. 6, S. 207–213
- [27] Hauser, G.: Einfluss der Baukonstruktion auf den Heizwärmeverbrauch. In: Beckert, J.; Mechel, F. P.; Lamprecht, H.-O.: Gesundes Wohnen. Wechselbeziehungen zwischen Mensch und gebauter Umwelt. Beton-Verlag (1986), S. 405–417
- [28] Hauser, G.; Otto, F.: Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit auf Heizwärmebedarf und sommerliches Wärmeverhalten. db 134 (2000), H. 4, S. 113–118
- [29] Hauser, G.; Otto, F.: Wärmespeicherfähigkeit und Jahresheizwärmebedarf. Mikado (1997), H. 4, S. 18–22
- [30] DIN EN ISO 13789:2008-04 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (ISO 13789:2007); Deutsche Fassung EN ISO 13789:2007
- [31] DIN EN ISO 6946:2008-04 Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (ISO 6946:2007); Deutsche Fassung EN ISO 6946:2007
- [32] DIN EN ISO 10077-1:2000-11 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, Teil 1: Vereinfachtes Verfahren
- [33] DIN V 4701-10 Beiblatt 1:2007-02 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Diagramme und Planungshilfen für ausgewählte Anlagensysteme mit Standardkomponenten
- [34] DIN EN ISO 10211:2008-04 Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen (ISO 10211:2007); Deutsche Fassung EN ISO 10211:2007
- [35] Maas, A., Erhorn, H., Schiller, H.: Beurteilung energetischer Anforderungen an Nichtwohngebäude in Zusammenhang mit der Fortschreibung der EnEV 2009, Forschungsprojekt im Auftrag des BBR, 2008, www.bbr.bund.de.
- [36] David, R.; de Boer, J.; Erhorn, H.; Reiß, J.; Rouvel, L.; Schiller, H.; Weiß, N.; Wenning, M.: Heizen, Kühlen, Belüften & Beleuchten. Bilanzierungsgrundlagen nach DIN V 18599. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006

Beratung:**Überreicht durch:****Kalksandsteinindustrie Bayern e.V.**

Rückersdorfer Straße 18
90552 Röthenbach a.d. Pegnitz
Telefon: 09 11/54 06 03-0
Telefax: 09 11/54 06 03-9
info@ks-bayern.de
www.ks-bayern.de

Kalksandsteinindustrie Nord e.V.

Lüneburger Schanze 35
21614 Buxtehude
Telefon: 0 41 61/74 33-60
Telefax: 0 41 61/74 33-66
info@ks-nord.de
www.ks-nord.de

Kalksandsteinindustrie Ost e.V.

Kochstraße 6 - 7
10969 Berlin
Telefon: 0 30/25 79 69-30
Telefax: 0 30/25 79 69-32
info@ks-ost.de
www.ks-ost.de

Verein Süddeutscher**Kalksandsteinwerke e.V.**

Heidelberger Straße 2 - 8
64625 Bensheim/Bergstraße
Telefon: 0 62 51/10 05 30
Telefax: 0 62 51/10 05 32
info@ks-sued.de
www.ks-sued.de

Kalksandsteinindustrie West e.V.

Barbarastraße 70
46282 Dorsten
Telefon: 0 23 62/95 45-0
Telefax: 0 23 62/95 45-25
info@ks-west.de
www.ks-west.de