



www.ks-original.de

EnEV 2016.

Die Energieeinsparverordnung. Effizient planen und bauen mit Kalksandstein.

* KEINE SORGEN.



Der Kalksandstein
KS*

| | |
|--|----|
| Vorwort | 3 |
| 1 Die Energieeinsparverordnung 2016 – Hintergrund und Überblick | 5 |
| 2 Die Bedeutung des energieeffizienten Bauens | 7 |
| 2.1 Allgemein | 7 |
| 2.2 Gebäudestandards | 8 |
| 3 Einflussgrößen auf den Primärenergiebedarf von Wohngebäuden | 9 |
| 3.1 Bauliche Einflüsse | 9 |
| 3.2 Anlagentechnische Einflüsse | 9 |
| 3.3 Nutzungsbedingte Einflüsse | 9 |
| 4 Die EnEV für Wohngebäude im Überblick | 11 |
| 4.1 Einführung | 11 |
| 4.2 Begriffe | 11 |
| 4.3 Haupt-Anforderungsgröße Primärenergiebedarf | 12 |
| 4.4 Übersicht über Anforderungen | 12 |
| 4.5 Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren | 12 |
| 4.6 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz | 13 |
| 4.7 EnEV-easy | 13 |
| 5 Anforderungen für Wohngebäude im Detail | 14 |
| 5.1 Jahres-Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust | 14 |
| 5.2 Sommerlicher Wärmeschutz | 15 |
| 5.3 Heizungstechnische Anlagen, Warmwasseranlagen und Wärmeverteilung, Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien | 16 |
| 5.4 Gebäude mit Anlagen zur Kühlung | 16 |
| 5.5 Energieausweise | 16 |
| 5.6 Umsetzung der EnEV | 17 |
| 5.7 Gebäudebestand | 17 |
| 6 Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs für Wohngebäude gemäß DIN V 4108-6 | 19 |
| 6.1 Monatsbilanz | 19 |
| 6.2 Wärmeverluste | 19 |
| 6.3 Wärmespeicherfähigkeit | 20 |
| 6.4 Nicht beheizte Treppenhäuser | 22 |
| 6.5 Maßbezüge | 22 |
| 7 Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs für Wohngebäude gemäß DIN V 4701-10 | 23 |
| 8 Beispielrechnungen Wohngebäude | 24 |
| 8.1 Nachweis der EnEV (Beispielgebäude) | 24 |
| 8.2 Beispiel Wohngebäude: Gebäudegeometrie, Programmausdrucke, Wärmebrückennachweis und Energieausweis | 26 |
| 8.3 Variationen baulicher und anlagentechnischer Ausführungen | 37 |
| 9 Planungs- und Ausführungsempfehlungen | 39 |
| 9.1 Einbeziehung baulicher und anlagentechnischer Randbedingungen im frühen Planungsstadium | 39 |
| 9.2 Wärmebrücken | 39 |
| 9.3 Luftdichtheit | 40 |
| 9.4 Anlagentechnik | 40 |
| 9.5 Nachweisverfahren | 41 |
| 10 Die EnEV für Nichtwohngebäude | 41 |
| 10.1 Anforderungen | 41 |
| 10.2 Berechnungsverfahren | 41 |
| 10.3 Beispiele | 42 |
| 10.4 Vereinfachtes Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude | 43 |
| 11 Ausblick Niedrigstenergiegebäude | 43 |
| Literatur | 46 |
| Infokästen | |
| Nachweisführung nach Gebäudetypen | 6 |
| Passive Solarenergiegewinne | 18 |
| Wärmespeicherfähigkeit – prinzipielle Effekte | 21 |
| Anlagentechnische Einflussgrößen | 25 |

KALKSANDSTEIN
Energieeinsparverordnung 2016
Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.
Entenfangweg 15, 30419 Hannover,
Telefon 0511/2 79 54-0
www.kalksandstein.de
www.facebook.com/kalksandstein

Stand: Januar 2016

Autor:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Anton Maas, Universität Kassel

Redaktion:
Benjamin Büttner, Hannover
Dipl.-Ing. Marcus Freundt, Osnabrück
Dipl.-Ing. Wiebke Grethe, Hannover
Dr.-Ing. Martin Schäfers, Hannover
Dipl.-Ing. Peter Schmid, Röhrenbach

BV-946-16/01

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

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit
schriftlicher Genehmigung.

Schutzgebühr € 6,-

Gesamtproduktion und © by
Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf

VORWORT

Die Energieeinsparverordnung führt zum 1. Januar 2016 die im Vorfeld heiß diskutierten Verschärfungen der Anforderungen an neue Gebäude ein. Sie setzt die neu gefasste EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden um und bringt die Energiewende in Deutschland voran. Die Bundesregierung hat sich im Rahmen ihres Energiekonzepts das Ziel gesetzt, den CO₂-Ausstoß und den Energiebedarf von Gebäuden bis 2050 um 80 bis 95 % zu senken. Um das zu erreichen, sind energetisch hochwertige Gebäude und die Umstellung der Energieerzeugung auf regenerative Quellen unabdingbar. Die EnEV 2016 ist ein richtiger Schritt auf dem Weg dahin.

Die energetische Anforderung an den Jahresprimärenergiebedarf bei neu zu errichtenden Gebäuden wird um 25 % angehoben. Die Wärmedämmung der Gebäudehülle muss nun im Durchschnitt den Anforderungen des Referenzgebäudes entsprechen. Viele sehen darin eine große Herausforderung und befürchten massive Kostensteigerungen. Doch verschiedene unabhängige Studien haben die Wirtschaftlichkeit dieser Stufe der EnEV bewiesen. Temporär niedrige Energiepreise dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass die fossilen Energieträger endlich sind und es ist unsere gesamtgesellschafts- wie sozialpolitische Verpflichtung, mit diesen Energieträgern verantwortungsvoll umzugehen.

Gebäude, die derzeit neu errichtet werden, sollen etwa ein Jahrhundert halten. Die verbaute Anlagentechnik hat allerdings eine deutlich kürzere Lebensdauer und muss deshalb während des Lebenszyklus eines Wohngebäudes mehrmals erneuert werden. Demgegenüber weisen die Komponenten der thermischen Gebäudehülle in der Regel deutlich größere Lebensdauern auf. Damit wir uns in Deutschland nicht umgehend den nächsten energetischen Sanierungsstau bauen, wurde die Messlatte für die Qualität der Außenbauteile von der Bundesregierung deshalb bewusst hoch gelegt. Die Meinungen über den in der EnEV verankerten energetischen Standard und dessen wirtschaftliche Realisierbarkeit gehen dabei weit auseinander. Die Materialien, Komponenten und Techniken für hocheffizientes Bauen sind aber überall verfügbar, vielfach erprobt und erfolgreich angewendet worden. Bei sachgerechter Verarbeitung, Wartung und Instandhaltung ist von einer sehr langen Lebensdauer hocheffizienter Neubauten mit funktionsgetrennten Außenwandkonstruktionen auszugehen.

Für die Hersteller von Baustoffen gilt es, die Konsequenzen aus der geänderten Verordnung auf Produkte zu übersetzen. Für Kalksandstein bedeutet dies konkret, dass die neuen Anforderungen an die opake Hülle neu zu errichtender Gebäude konstruktiv gelöst werden können. Qualitativ hochwertige Außenwände aus Kalksandstein erfüllen als zweischaliges Mauerwerk und im Zusammenspiel mit Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) die neuen Anforderungen und lassen sich somit als hochwertige energetische Lösungen für die neue Energieeinsparverordnung einsetzen.

Hinzu kommt: Dank der konsequenten Funktionstrennung von Mauerwerk und Dämmung kann mit Außenwandkonstruktionen mit Kalksandstein problemlos ein sehr hoher baulicher Wärmeschutz realisiert werden. Und: Aufgrund der hohen Rohdichte bieten Kalksandsteinkonstruktionen einen hervorragenden Schallschutz und eine hohe Tragfähigkeit. Weiterhin kann der Einfluss von Wärmebrücken unter Verwendung vorliegender Standard-Details auf ein Minimum reduziert werden.

Durch die funktionsgetrennte Bauweise reduzieren sich ebenso feuchtebedingte Bauschäden. Auch die thermische Behaglichkeit im Winter und im Sommer wird nachweislich erhöht. Denn innen liegende wärmespeicherfähige Schichten wie Kalksandstein können die hohen Schwankungen der Außentemperatur im Sommer ausgleichen und gleichzeitig eine optimale Nutzung solarer Einträge im Winter ermöglichen.

Da die Energie am umweltfreundlichsten ist, die gar nicht erst verbraucht wird, bezeichnet die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept die Steigerung der Energieeffizienz als Schlüssel der Energiewende. So lassen sich zum Beispiel alleine an den opaken Außenbauteilen durch den Einsatz von Dämmstoffen bis zu 170 TWh/a einsparen. Gemessen an der Gesamtstromproduktion aus Kernkraft in Deutschland von 98 TWh im Jahr 2014, ist das ein immens hohes Einsparpotenzial. Sprechen die Medien hingegen von der „Energiewende“ ist fast ausschließlich die „Stromwende“ gemeint.

Wir Leute vom Bau sollten nicht müde werden zu betonen, dass die Energiewende ohne erneute Fokussierung auf die Wärme – insbesondere im Gebäudebereich – nicht funktionieren wird. Leider wurde das Thema in der Vergangenheit immer wieder in einen negativen Kontext gerückt. Statt über die zahlreichen hocheffizienten Neubauten und erfolgreich sanierten Gebäude zu sprechen, berichteten einige Medien und Organisationen über vereinzelte Schäden oder Brände an gedämmten Häusern. Spätestens seit der 126. Bauministerkonferenz (BMK) am 13./14. November 2014 sollten die Vorbehalte gegenüber WDVS ausgeräumt sein: Die Bauminister bestätigten unter anderem, dass Fassaden-Dämmsysteme unter Verwendung des Dämmstoffes Polystyrol (EPS) bei sach- und fachgerechter Ausführung ausreichend sicher sind. Es wurden dort ebenso Änderungen in den Zulassungsbestimmungen von WDVS mit EPS-Dämmstoffen verabschiedet, die eine zusätzliche Verbesserung für das Brandszenario „Feuer verursacht von außen“ bewirken.

Die energetische Qualität der Gebäude hat seit Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 1978 deutlich zugenommen und ist inzwischen etwa viermal so gut wie die von Vorkriegsbauten. Dazu ein Beispiel: Wären seit Ende der 70er Jahre alle gebauten Wohngebäude ohne baulichen Wärmeschutz neu errichtet worden, sowie ausschließlich nicht energetische Instandhaltungs- und Reparaturmaßnahmen durchgeführt, würde heute der jährliche Endenergieverbrauch im Gebäudesektor um etwa 25 % höher sein. Bezogen auf den Gesamtverbrauch an Endenergie in Höhe von rund 2.500 TWh/a sind das 6,7 %. Oder anders ausgedrückt: Die Einführung der damals ebenfalls stark umstrittenen Wärmeschutzverordnung 1978, mit ihren entsprechenden Anpassungen 1984 und 1995 beziehungsweise die Einführung der EnEV 2002, spart schon heute mehr als das Zweifache der Energiebereitstellung aller 2012 in Deutschland in Betrieb befindlichen Atomkraftwerke zusammen. Betrachtet man die CO₂-Einsparung, so würden jährlich über 50 Millionen Tonnen CO₂ mehr über die Schornsteine dieser Republik emittiert werden. Dies wird bedauerlicherweise nie kommuniziert.

Es bleibt festzustellen, dass die Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden die wichtigste Maßnahme ist, um den Verbrauch an fossilen Energieträgern nachhaltig zu mindern und die Abhängigkeit von Energieimporten zu reduzieren.

Fazit: Bei der Energiewende geht es nicht ausschließlich um einen Wechsel von Energieträgern. Auch die Gebäudehülle ist von großer Bedeutung und ist eine gute Voraussetzung für die Einhaltung der gesteckten Ziele. Gedämmte Konstruktionen sind ein unverzichtbarer Bestandteil einer zeitgemäßen und zukunftsorientierten Bauweise. Bei fachgerechter Durchführung sind sie sowohl ohne Probleme als auch ohne zu erwartende Mängel umsetzbar. Dies wird durch funktionsgetrennte Außenbauteile aus Kalksandstein belegt, welche bereits seit den 1960er-Jahren im Wohnungsbau eingesetzt werden.



Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm
Geschäftsführender Leiter des Forschungsinstituts für Wärmeschutz e.V. München

1 DIE ENERGIEEINSPARVERORDNUNG 2014 – HINTERGRUND UND ÜBERBLICK

Die ambitionierte Erhöhung der Effizienzstandards von Gebäuden unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Vertretbarkeit gegenüber Hauseigentümern und Mietern ist einer der Eckpunkte der von der Bundesregierung 2011 beschlossenen Energiewende. Gleichzeitig galt es, die im Jahr 2010 novellierte EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD Recast) in nationales Recht zu überführen. Auf Basis des fortgeschriebenen Energieeinsparungsgesetzes wurde parallel die Energieeinsparverordnung novelliert. Ein weiterer Anlass für die Neufassung der Energieeinsparverordnung war die Einbeziehung der fortgeschriebenen Normen für die energetische Bilanzierung von Gebäuden (DIN V 18599) und für die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz (DIN 4108-2). Der Referentenentwurf vom Oktober 2012 wurde unter Berücksichtigung der Eingaben des Bundes und der Länder am 16. Oktober 2013 verabschiedet. Die Verordnung [1] trat am 1. Mai 2014 in Kraft.

Kern der Änderungen ist die Verschärfung des Anforderungsniveaus durch Senkung des Primärenergiebedarfs um 25 % bei der Neuerrichtung von Gebäuden und durch Erhöhung des baulichen Wärmeschutzes zur Senkung der Transmissionswärmeverluste um ca. 20 % zum 1.1.2016. (Ausnahmen gelten bei Nichtwohngebäuden mit niedrigen Innentemperaturen.) Bei den Energieausweisen wird die zusätzliche Angabe einer Energieeffizienzklasse (A+ bis H) eingeführt. Für Gebäude, deren Energieausweis eine solche Effizienzklasse aufweist, ist diese künftig in Immobilienanzeigen aufzunehmen; bei bereits vorliegenden Energieausweisen (ab EnEV 2007) darf die Klasse freiwillig angegeben werden.

Die Anwendung der Energieeinsparverordnung wird flankiert von den Anforderungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) in der fortgeschriebenen Fassung vom 1. Mai 2011 [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 bis 2020 gestellt werden. Die Ankündigung der Einführung des sogenannten Niedrigstenergiegebäudes in 2021 (bzw. 2019 bei Gebäuden im Eigentum von Behörden) im Energieeinsparungsgesetz vom Juli 2013 macht die Novellierung der EnEV spätestens in 2017 erforderlich.

Mit der EnEV 2014 wird das Anforderungsmodell der EnEV 2009 weitergeführt. Die Vorgabe einer Referenzbautechnik in Verbindung mit einer Referenzanlagentechnik führt zu einem Referenzgebäude, aus dem der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf eines Gebäudes resultiert. Bis Ende 2015 wurde der Jahres-Primärenergiebedarf unter Zugrundelegung der Elemente des Referenzgebäudes – die im Wesentlichen unverändert aus der EnEV

2009 [3] übernommen werden – berechnet, und es resultiert daraus der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf. Seit dem 1. Januar 2016 ist der so ermittelte Wert um 25 % zu reduzieren und es ergibt sich dadurch das neue Anforderungsniveau (Bild 1). Diese Methode und auch die Anforderungshöhe ergibt sich sowohl für Wohngebäude als auch für Nichtwohngebäude.

Auch die Formulierung und Höhe der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz (Nebenanforderung) blieb bis Ende 2015 unverändert. Seit Anfang 2016 gilt für Wohngebäude zusätzlich ein neuer Ansatz für die Vorgabe der Anforderungen. Dieser orientiert sich an der Methode, die bisher von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) im Rahmen von Fördermaßnahmen

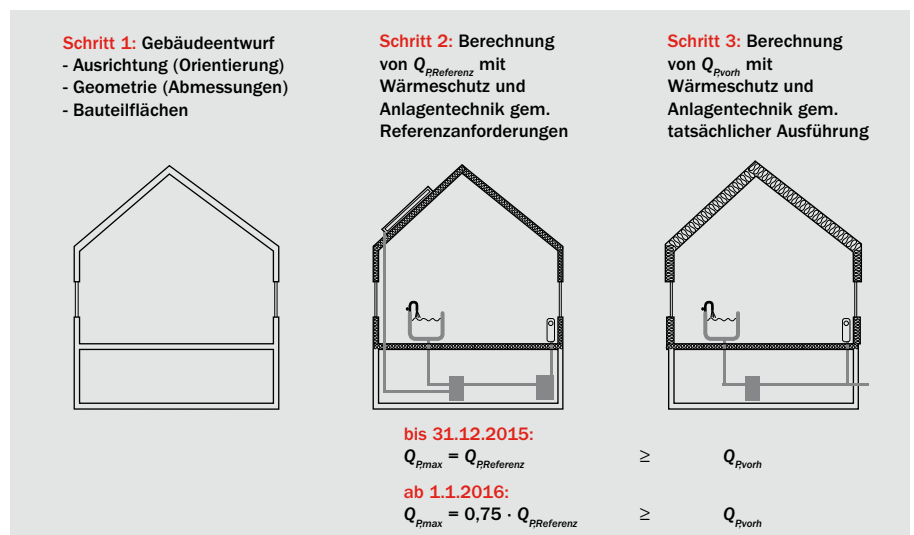


Bild 1: Das Referenzgebäudeverfahren – Schritte im Nachweisverfahren für die Anforderungsniveaus 2014 und 2016

Tafel 1: Anforderungen und Nachweismethodik für Wohn- und Nichtwohngebäude

| Inhalte | EnEV 2009 | EnEV 2014/2016 |
|--------------------------|--|--|
| Anforderungen Neubau | maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf entsprechend einer Referenzausführung mit Referenzbau- und -anlagentechnik | ab 1. Januar 2016 Reduktion des zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfs um 25 % |
| Nachweisverfahren Neubau | Berechnung mit Referenzstandort Würzburg; Primärenergiefaktor Strom 2,6 | Berechnung mit Referenzstandort Potsdam; Primärenergiefaktor Strom 2,4, ab 1. Januar 2016 1,8 |
| Dokumentation Neubau | Energieausweis mit Angabe der energetischen Qualität in kWh/(m²a) | zusätzlich Einführung von Energieeffizienzklassen (A+ bis H) |
| Anforderungen Bestand | Einhaltung zulässiger Wärmedurchgangskoeffizienten bei baulichen Maßnahmen und Einzelanforderungen an die Anlagentechnik; bei umfangreichen Maßnahmen Nachweis wie bei Neubauten | |
| Dokumentation Bestand | Energieausweis mit Angabe der energetischen Qualität in kWh/(m²a) | zusätzliche Einführung von Energieeffizienzklassen (A+ bis H) |

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. Versicherungsagentur, 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.

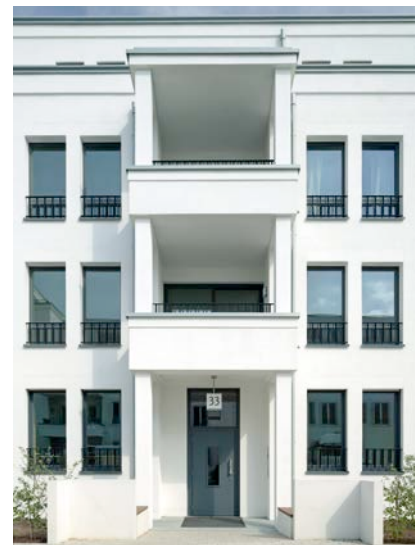


Foto: Yohan Zerdoun / ksg-architekten.de



Foto: Ulrich Beuttenmüller für Gira



verwendet wurde. Analog zum Verfahren der Bestimmung des maximal zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfs resultiert ab dem 1. Januar 2016 der Maximalwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts aus der baulichen Qualität des Referenzgebäudes. Dieser Schritt war notwendig und sinnvoll, da aus einer festen Vorgabe eines Zahlenwerts, abhängig von der Art des Gebäudes (bisheriges Verfahren), durchaus strenge Limitierungen des Fensterflächenanteils bei Wohngebäuden resultierten. Diese Problematik wird künftig dadurch gelöst, dass der Fensterflächenanteil praktisch zum „durchlaufenden Posten“ wird. Eine Deckelung resultiert daraus, dass die gemäß EnEV 2009 gültigen Höchstwerte nicht überschritten werden dürfen. Mit der konkreten Anforderungsformulierung, dass der bauliche Wärmeschutz ab 2016 nicht schlechter sein darf als der spezifische Transmissionswärmeverlust, der aus dem Referenzgebäude gemäß EnEV 2009 resultiert, wird die Höhe des Anforderungsniveaus deutlich.

Als Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs dienen für die Kategorie Wohngebäude die bislang eingeführten und im Nachweisverfahren der EnEV 2009 verwendeten Normen DIN V 4108-6 [4] und DIN V 4701-10 [5, 6, 7]. Alternativ ist die Anwendung der DIN V 18599 [8] möglich.

Bei Nichtwohngebäuden ergeben sich hinsichtlich der Anforderungsformulierung und des Nachweisverfahrens praktisch keine Änderungen.

Eine Gegenüberstellung der Anforderungen und Nachweismethoden von EnEV 2009 und EnEV 2014/2016 ist für Wohn- und Nichtwohngebäude in Tafel 1 aufgenommen.

2 DIE BEDEUTUNG DES ENERGIEEFFIZIENTEN BAUENS

2.1 Allgemein

Die Notwendigkeit der Energieeinsparung ist heute unumstritten. Aspekte des Umweltschutzes und der Daseinsvorsorge sowie insbesondere auch die steigenden Energiekosten (Bild 2) sind die wesentlichen Gründe. Dabei kommt dem Sektor Gebäude eine zentrale Rolle zu, da hier große Einsparpotenziale vorhanden sind und die erforderliche Technik erprobt vorliegt. Die Politik will diesen Bereich mit der Energieeinsparverordnung weiter ausschöpfen.

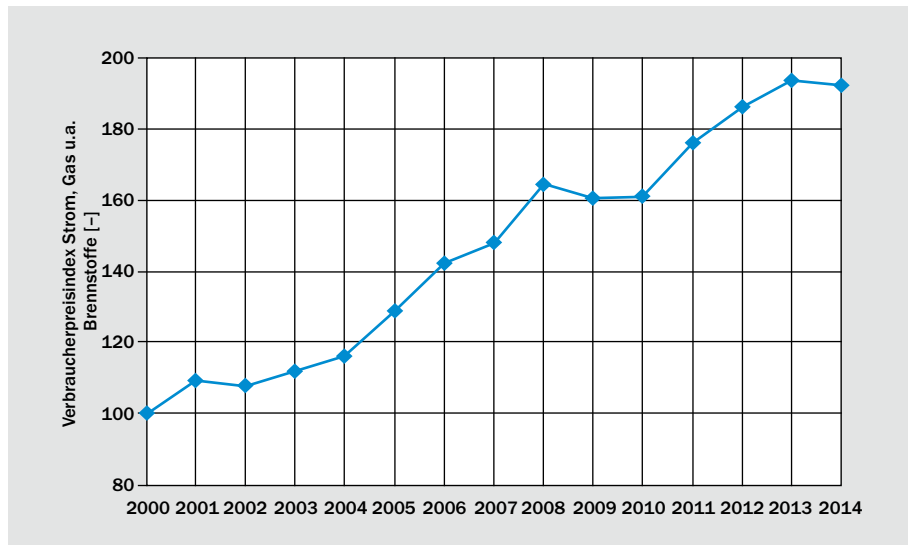


Bild 2: Entwicklung der Kosten für Strom, Gas u.a. Brennstoffe nach [9]. Dargestellt ist der Verbraucherpreisindex bezogen auf das Basisjahr 2000.

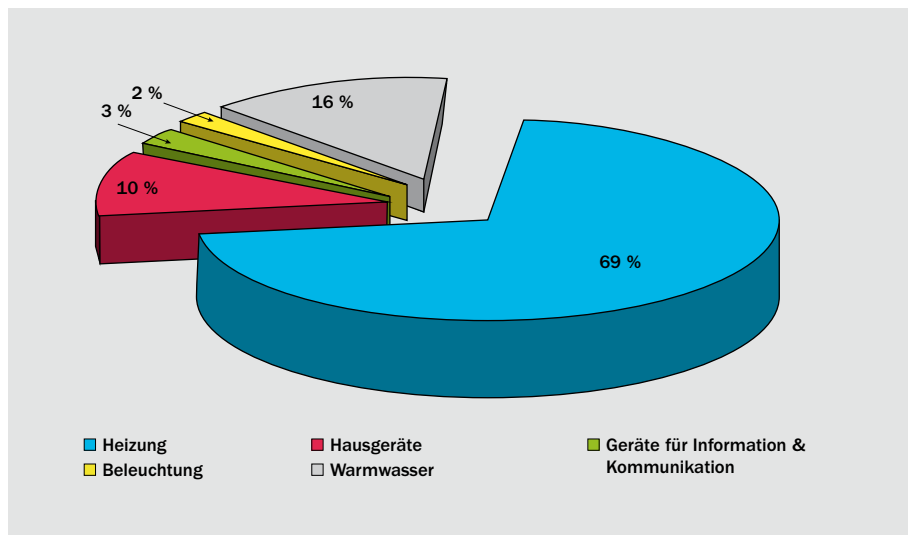


Bild 3: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte ohne den Verkehrsbereich, Stand: Oktober 2014 nach [10]

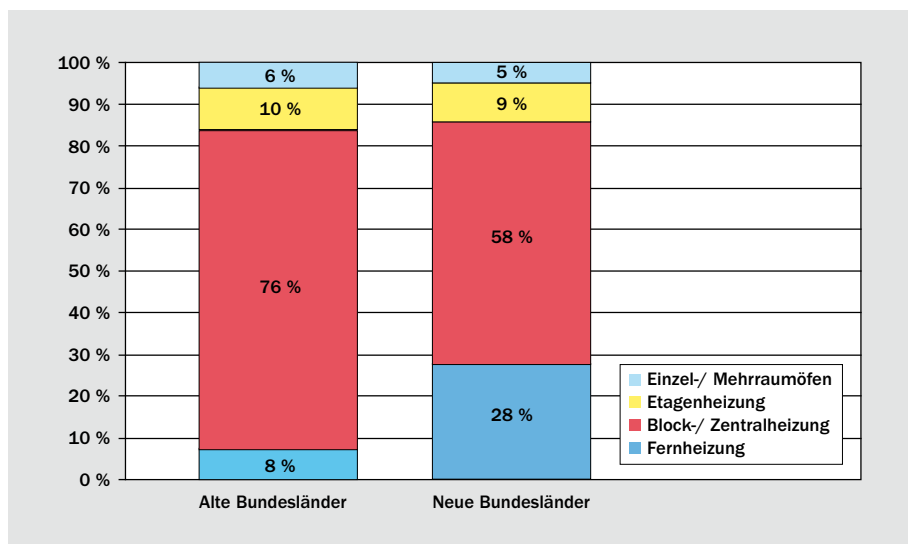


Bild 4: Beheizungsart deutscher Haushalte 2011 nach [11]

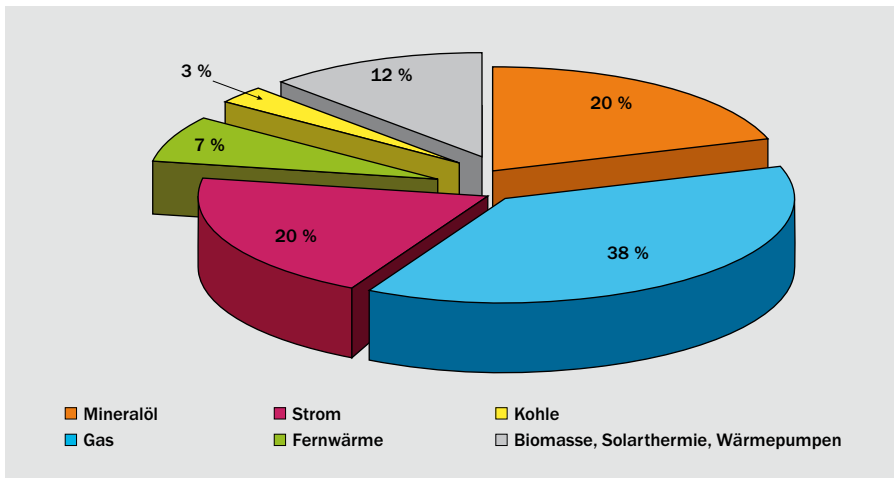


Bild 5: Energieträgerverteilung deutscher Haushalte für die Anwendungen Raumwärme, Warmwasser, Haushaltsstrom, Beleuchtung 2011 nach [11]

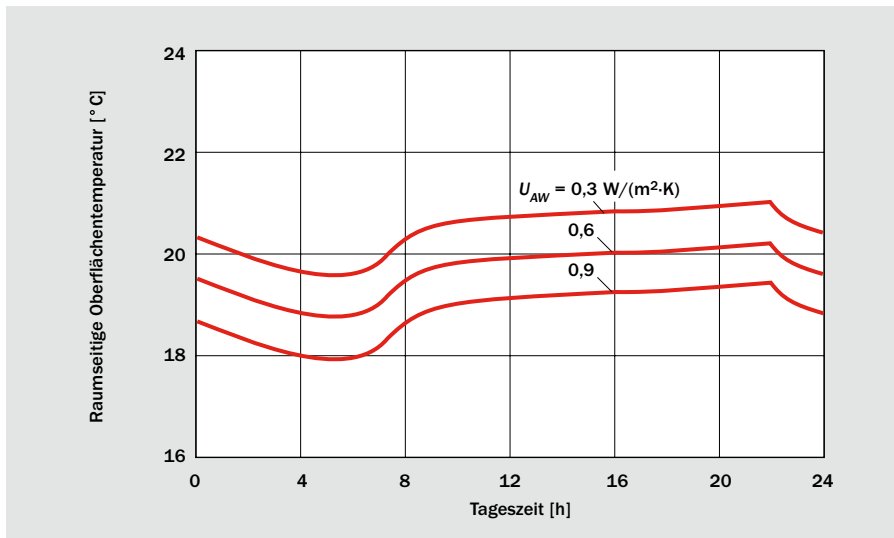


Bild 6: Abhängigkeit der raumseitigen Oberflächentemperatur einer Außenwand unter winterlichen Randbedingungen vom Wärmedurchgangskoeffizienten des Bauteils bei instationärem Heizbetrieb. Die Raum-Solltemperatur ist am Tag mit 22 °C und in der Nacht mit 15 °C angesetzt [12].

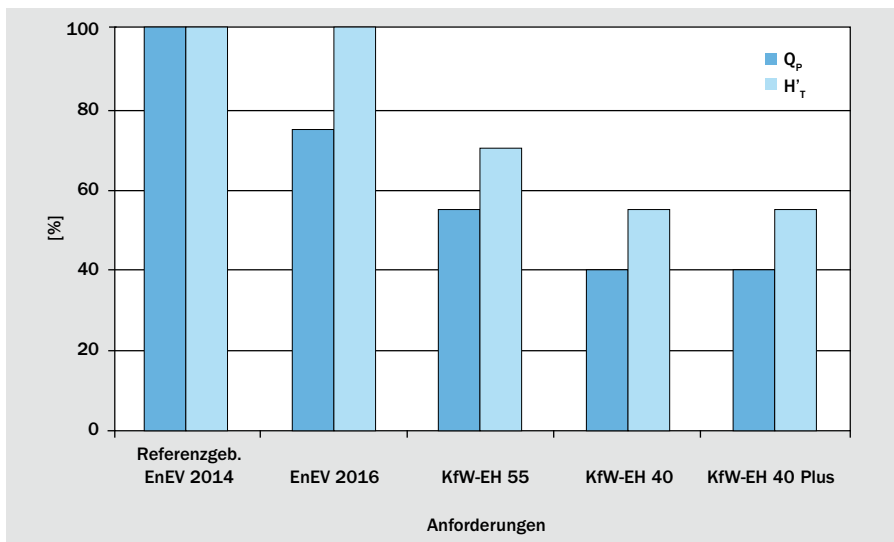


Bild 7: Anforderungen an den Primärenergiebedarf und den spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten für verschiedene Gebäudestandards

Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte wird im Wesentlichen durch den Bereich Raumwärme bestimmt (Bild 3). Bild 4 gibt einen Überblick über die Beheizungsart deutscher Haushalte; die dazugehörige Energieträgerverteilung zeigt Bild 5. Hier ergibt sich einerseits der Vorteil, dass gut erprobte Einspartechniken 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 6 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.

Daneben wirkt sich ein verbesserter baulicher Wärmeschutz positiv auf die Behaglichkeit im Sommer aus. Dies wird durch die Untersuchungen in [13] dokumentiert. Weiterhin führt die Verwendung einer schweren Bauart zu einer Verbesserung der sommerlichen Temperaturverhältnisse in Gebäuden. Auf die Zusammenhänge wird in Abschnitt 5.2 eingegangen.

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 CO₂ wird zur Kennzeichnung des „energetischen“ Standards eines Gebäudes herangezogen.

KfW-Effizienzhaus 55, 40 und 40 Plus (Neubau ab April 2016)

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

Die Zahlenangabe (55, 40) gibt – wie bisher – an, auf welchen Prozentsatz bezogen

auf das Referenzgebäude eine Absenkung des Primärenergiebedarfs erfolgt. Ein KfW-Effizienzhaus 55 unterschreitet z.B. den Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes um 45 % (Bild 7). Der spezifische Transmissionswärmeverlust ist gegenüber dem Niveau des Referenzgebäudes auf 70 bzw. 55 % abzusinken.

Das Effizienzhaus 40 Plus erfüllt die Anforderungen an ein KfW-Effizienzhaus 40 und verfügt über eine stromerzeugende Anlage auf Basis erneuerbarer Energien, einen Stromspeicher, eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und eine Visualisierung von Stromerzeugung und Stromverbrauch über ein entsprechendes Benutzerinterface.

Empfehlungen zur Realisierung der KfW-Effizienzhausstufen bei Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäusern mit Konstruktionen aus Kalksandstein finden sich in Tafel 18 auf Seite 45.

Passivhaus

Die Projektierung und Kennzeichnung des Passivhauses erfolgt nach einem Nachweisverfahren (PHPP) des Passivhaus-Instituts und bezieht zusätzlich zur EnEV-Bilanz für Wohngebäude beispielsweise 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/Effizienzhaus Plus

Nullenergiehaus, Plusenergiehaus und Effizienzhaus-Plus 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 energie-autarkes Haus, sondern es ist eine Ankopplung an das Stromnetz vorhanden.

Das Effizienzhaus-Plus-Niveau in der Definition des BMUB ist erreicht, wenn sowohl ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf als auch ein negativer Jahres-Endenergiebedarf vorliegen. Über die Bilanzanteile der EnEV hinaus, sind die Bedarfswerte für Wohnungsbeleuchtung und Haushaltsgeräte und -prozesse in die Berechnung einzubeziehen.

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 PRIMÄRENERGIEBEDARF VON WOHNGEBÄUDEN

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 2 sind Varianten der verschiedenen Einflussgrößen dargestellt. Der Ausgangsfall entspricht einem Fall, der die Anforderungen gemäß Energieeinsparverordnung mit dem Niveau 2016 erfüllt (Tafel 13) und verursacht einen Primärenergiebedarf von 58,7 kWh/(m²·a).

3.1 Bauliche Einflüsse

Wird der bauliche Wärmeschutz gemäß den Zahlenwerten in Tafel 2 verbessert, ergibt sich eine Bedarfsreduktion um ca. 7 kWh/(m²·a). Eine Ausführung des baulichen Wärmeschutzes, die den Bauteilen des Referenzgebäudes nach EnEV entspricht, führt zu einer Erhöhung des Primärenergiebedarfs um ca. 14 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 rund 55 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. 15 kWh/(m²·a) an.

Verbesserungen des baulichen Wärmeschutzes sowie eine Minimierung der Wärmebrückenverluste führen zu einem geringeren Jahres-Primärenergiebedarf.

Wird eine ausreichende Gebäudedichtheit, die nach DIN 4108-7 [14] gefordert ist, nicht erreicht, ergibt sich mit einem Luftwechsel von $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$ ein Jahres-Primärenergiebedarf von 65 kWh/(m²·a). In diesem Fall ist keine Abluftanlage berücksichtigt.

Der Einfluss der Bauart (schwer/leicht), ausgedrückt durch die Wärmespeicherefähigkeit, liegt bei Berücksichtigung von sieben Stunden Nachtabschaltung bei etwa 4 % zu Gunsten der schweren Bauart (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. 7 kWh/(m²·a). Werden die Rohrleitungen nicht wie im Ausgangsfall im beheizten, sondern im nicht beheizten Bereich geführt, liegt der Jahres-Primärenergiebedarf bei 63,3 kWh/(m²·a). Eine Reduktion des Primärenergiebedarfs um ca. 13 kWh/(m²·a) wird erreicht, wenn eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Wärmerückgewinnungsgrad 80 %) anstelle der reinen Abluftanlage vorgesehen ist.

Die Berücksichtigung einer Sole/Wasser-Wärmepumpe führt insbesondere aufgrund des verringerten Primärenergiefaktors für Strom zu einer Absenkung des Jahres-Primärenergiebedarfs um rd. 20 %.

3.3 Nutzungsbedingte Einflüsse

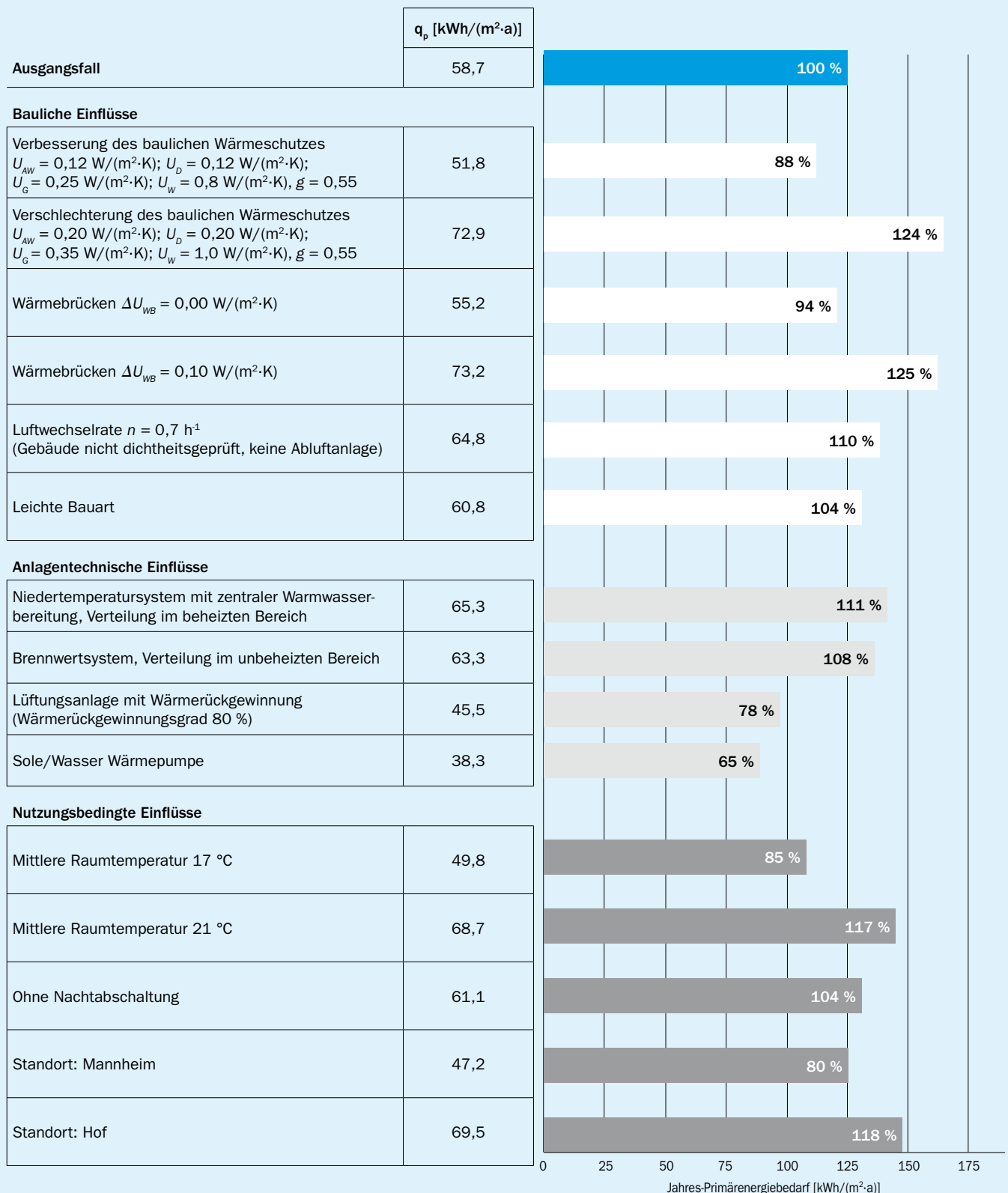
Die Energieeinsparverordnung setzt als mittlere Raumlufttemperatur einen Wert von 19 °C an. Hierbei ist die räumliche Teilbeheizung berücksichtigt, d.h. es wird davon ausgegangen, dass nicht alle Räume eines Gebäudes auf normale Raumlufttemperaturen beheizt werden. Wählt man bei der Berechnung eine Raumlufttemperatur von durchschnittlich 17 °C, liegt der Jahres-Primärenergiebedarf bei 49,8 kWh/(m²·a). Bei einer erhöhten Raumlufttemperatur von 21 °C erhöht sich der Be-

Tafel 2: Jahres-Primärenergiebedarf eines Einfamilienhauses bei Variation unterschiedlicher Einflussgrößen

Ausgangsfall (Ausführung gemäß Anforderungsniveau EnEV 2016, vergl. Tafel 13):

baulicher Wärmeschutz: $U_{AW} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; $U_D = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
 $U_G = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; $U_W = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; $g = 0,55$
 Wärmebrückenkorrekturwert $\Delta U_{WB} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
 Luftwechsel $n = 0,55 \text{ h}^{-1}$
 (Gebäude dichtheitsgeprüft, Abluftanlage)

schwere Bauart
 Brennwertsystem mit zentraler Warmwasserbereitung und Solaranlage,
 Verteilung im beheizten Bereich
 Raumtemperatur $19 \text{ }^\circ\text{C}$; mit Nachtabschaltung; Referenzstandort Potsdam
 Berechnung nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10



darf im Vergleich zum Ausgangsfall um ca. 10 kWh/(m²·a).

Wird gegenüber dem Ausgangsfall keine Nachtabschaltung betrieben, entsteht ein Mehrbedarf von ca. 4 %.

Die Berücksichtigung standortspezifischer Klimadaten führt für Mannheim, dem Referenzort für die Region 12 gemäß DIN V 18599 [8] zu einer Reduktion des Jahres-Primärenergiebedarfs von ca. 12 kWh/(m²·a). Unter Zugrundelegung der Klimadaten des Referenzorts für die Region 10 (Hof) nimmt der Bedarf auf 69,5 kWh/(m²·a) zu.

4 DIE ENEV FÜR WOHNGBÄUDE IM ÜBERBLICK

4.1 Einführung

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

- Die Anforderungswerte des Jahres-Primärenergiebedarfs der EnEV 2009 blieben bis zum 31. Dezember 2015 unverändert bestehen (das Referenzgebäude ist identisch aus EnEV 2009 übernommen). Seit dem 1. Januar 2016 sind diese Anforderungswerte aus dem Referenzgebäude um 25 % abzusinken.
- Auch die Anforderungen an den spezifischen Transmissionswärmeverlust blieben zunächst bis zum 31. Dezember 2015 unverändert aus der EnEV 2009 bestehen. Seit dem 1. Januar 2016 resultiert der Maximalwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts aus der baulichen Qualität des Referenzgebäudes. Dies entspricht der Vorgehensweise beim Nachweis der KfW-Effizienzhäuser. Zusätzlich gelten – als obere Grenzwerte – auch weiterhin die Höchstwerte gemäß EnEV 2009.
- Gebäude mit Anlagen zur Kühlung sind mit dem Verfahren der DIN V 18599 nachzuweisen. Der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf wird ohne Berücksichtigung einer Kühlung ermittelt.

- Strom aus erneuerbaren Energien darf im Nachweisverfahren angerechnet werden, wenn er unmittelbar am Gebäude erzeugt wird und vorrangig in dem Gebäude unmittelbar nach der Erzeugung oder nach vorübergehender Speicherung vorwiegend selbst genutzt wird. Die Berechnung des Stromertrags aus Photovoltaik oder über Windräder hat mit den Verfahren der DIN V 18599 zu erfolgen.
- In Nachweisverfahren ist abweichend von den Berechnungsrandbedingungen der EnEV 2009 als Referenzklima die Region Potsdam zu berücksichtigen. Bis zum 31. Dezember 2015 war der Primärenergiefaktor für Strom mit dem Wert $f_p = 2,4$, ab dem 1. Januar 2016 ist er mit dem Wert $f_p = 1,8$ anzusetzen.

Neben den Anforderungen der EnEV ist das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) vom 1. Mai 2011 einzuhalten.

Wesentliche praktische Konsequenzen der bisherigen und aktuellen Energieeinsparverordnung sind, dass die Abstimmung zwischen den Planern des baulichen Wärmeschutzes und der Anlagentechnik in einem frühen Stadium 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 Warmwasserwärmebedarf

Wärmemenge, die dem Kaltwasser zugeführt werden muss, um den durchschnittlichen Bedarf an Warmwasser bereitzustellen zu können.

Bei der Bilanzierung nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 beträgt der Warmwasserwärmebedarf für Wohnnutzung 12,5 kWh/(m²·a).

4.2.4 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.

4.2.5 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 Gebäudekonditionierung 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. Die Einflussgrößen auf die Bilanzierung des Jahres-Primärenergiebedarfs sind in Bild 8 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
- Berücksichtigung von Wärmebrücken im Rechenverfahren
- Verringerung von Wärmebrückeneinflüssen

4.4.2 Wohngebäude- und Anlagenbestand

- Änderung, Ersatz und Erneuerung von Außenbauteilen: Begrenzung des Wärmedurchgangskoeffizienten; alternativ:
 $Q_{p,max, Bestand} = 1,4 \cdot Q_{p,max, Neubau}$
 und
 $H'_{T,max, Bestand} = 1,4 \cdot H'_{T,max, Neubau}$
- Erweiterung um mehr als 50 m² zusammenhängende Nutzfläche: Anforderung fallweise unterschiedlich, abhängig vom Einbau eines neuen Wärmeerzeugers
- Erweiterung um mehr als 50 m² zusammenhängende Nutzfläche: Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes
- 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

Tafel 3: Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren

| DIN V 4108 / DIN V 4701 | DIN V 18599 |
|---|--|
| Monatsbilanzverfahren (baulich) | Monatsbilanzverfahren (baulich und anlagentechnisch) |
| „Trennung der Gewerke“ Q_h 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) | Interne Wärmeeinträge nach Nutzung (EFH und MFH) differenziert (2,1 und 4,2 W/m ²) |
| Heizwertbezug | Brennwertbezug |
| Bestandsanlagen in anderen Normenteilen | Bestandsanlagen integriert |

- 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

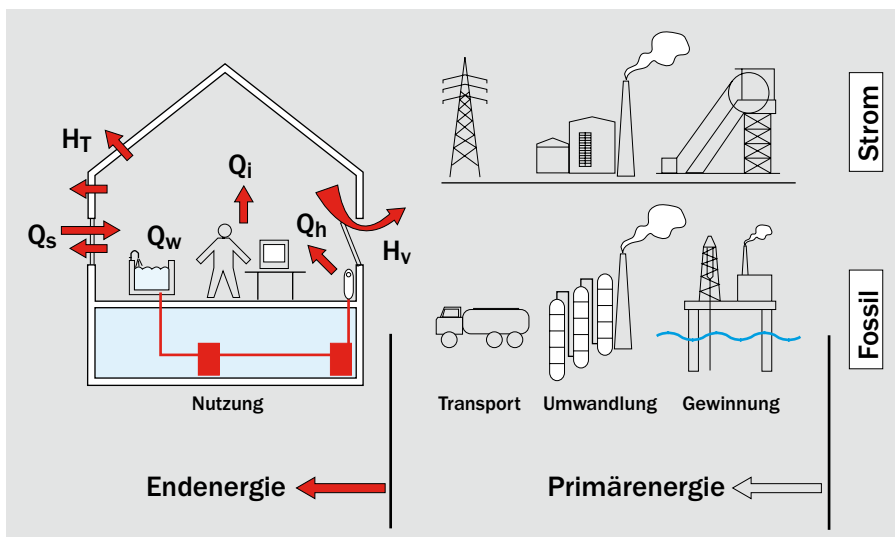


Bild 8: Schematische Darstellung der Einflussgrößen auf die Bilanzierung des Primärenergiebedarfs (Q_h Heizwärmebedarf; Q_w Warmwasserwärmebedarf; H_T Transmissionswärmeverlust; H_v Lüftungswärmeverlust; Q_s solare Wärmegewinne; Q_i interne Wärmegewinne)

4.5 Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren

Für das Nachweisverfahren der Energieeinsparverordnung 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 (s. Kap. 9.5). 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 liegt ein wesentlicher Verfahrensunterschied infolge der schrittweise erfolgenden Bilanzierung (Iteration) der internen Wärmeeinträge vor. Die Wärmeeinträge (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 3 aufgeführt.

4.6 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

Seit dem 1. Januar 2009 muss bei Gebäuden, die unter den Anwendungsbereich des Gesetzes (mit aktuellem Datum vom 1. Mai 2011 [2]) 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 9). 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 4 m² Kollektorfläche pro 100 m² beheizter Nutzfläche (gemäß 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 mindestens 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.

4.7 EnEV-easy

Im Rahmen der Neugestaltung der EnEV 2014 wurde von den Bundesländern der Wunsch nach Einführung eines vereinfachten Nachweisverfahrens geäußert. Damit soll sowohl das Nachweisverfahren der Energieeinsparverordnung vereinfacht als auch eine leicht handhabbare Prüfung der Nachweise ermöglicht werden. Das als „EnEV-easy“ bezeichnete vorliegende Verfahren soll im Rahmen einer Veröffentlichung zur Energieeinsparverordnung als alternatives Nachweisverfahren eingeführt werden. Der Ansatz ist dabei, dass in Abhängigkeit von der Größe des Gebäudes und der vorgesehenen Anlagentechnik (die die Anforderungen des EEWärmeG erfüllt) eine entsprechende Qualität des baulichen Wärmeschutzniveaus vorzusehen ist.

Der Nachweisaufwand mittels „EnEV-easy“ soll insgesamt geringer ausfallen als der Aufwand für eine detaillierte Berechnung. Allerdings ist zu beachten, dass auch in dem vereinfachten Verfahren bestimmte Flächen der Gebäudehülle zu ermitteln sind, die Wärmedurchgangskoeffizienten berechnet werden müssen und alle Angaben und Eintragungen für den Energieausweis zu treffen sind. Insgesamt muss hinterfragt werden, ob das vereinfachte Verfahren tatsächlich zu der erhofften Zeiteinsparung führt und ob die Mehrkosten für die baulichen Maßnahmen, die aus den verfahrenstechnisch bedingten vorgesehenen Sicherheiten resultieren, den geringeren Planungsaufwand rechtfertigen.

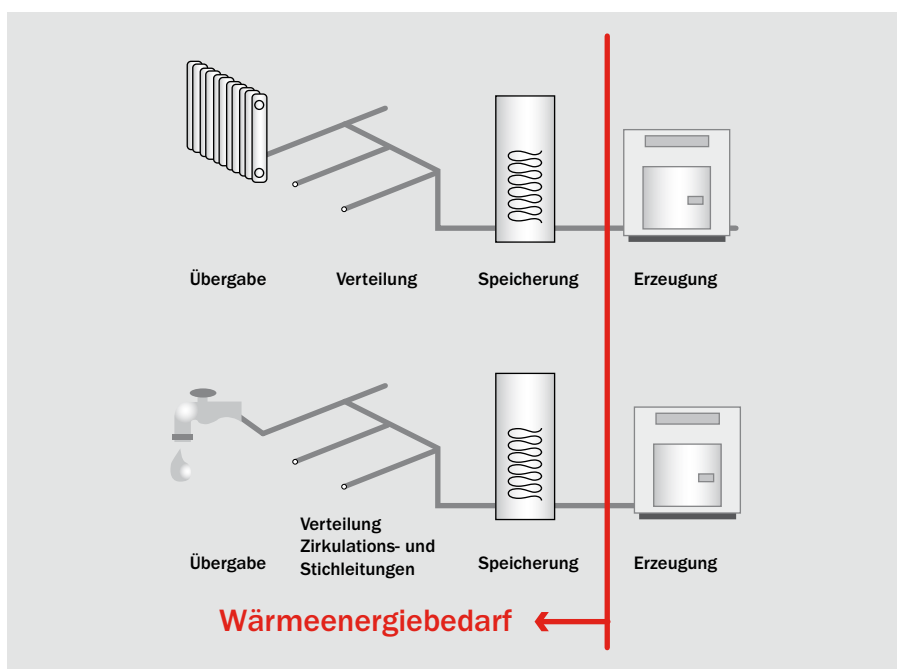


Bild 9: Definition des Wärmeenergiebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung. Im Falle der Gebäudekühlung ist der dazu erforderliche Energieanteil zusätzlich einzubeziehen.

Tafel 4: Bauliche Ausführung des Referenzgebäudes „Wohngebäude“ gemäß EnEV

| 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 | $U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}); g = 0,60$ |
| 1.5 | Dachflächenfenster | $U = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}); g = 0,60$ |
| 1.6 | Lichtkuppeln | $U = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K}); g = 0,64$ |
| 1.7 | Außentüren | $U = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ |
| 2 | Wärmebrückenzuschlag (Bauteile nach 1.1 bis 1.7) | $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ |
| 3 | Luftdichtheit der Gebäudehülle | Bei Berechnung nach ● DIN V 4108-6:2003-06: mit Dichtheitsprüfung ● DIN V 18599-2: 2007-02: nach Kategorie I |

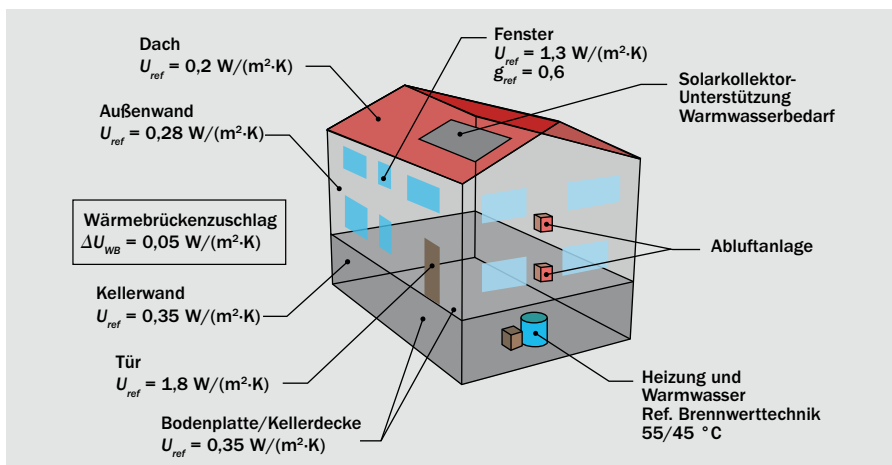


Bild 10: Referenzausführung für Wohngebäude (schematische Darstellung der wesentlichen Komponenten)

Tafel 5: Höchstwerte des spezifischen, auf die Wärme übertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts gemäß EnEV

| 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. Reihenedenhaus) | $H'_T = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | |
| 3 | Alle anderen Wohngebäude (z. B. Reihemittelhaus) | $H'_T = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | |
| 4 | Erweiterungen und Ausbauten von Wohngebäuden gemäß § 9 Abs. 5 | $H'_T = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | |

Tafel 6: Zulässige Werte des grundflächenbezogenen Fensterflächenanteils, unterhalb dessen auf einen sommerlichen Wärmeschutznachweis verzichtet werden kann [15]

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

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

²⁾ Der Fensterflächenanteil f_{wg} ergibt sich aus dem Verhältnis der Fensterfläche zu der Grundfläche des betrachteten Raumes oder der Raumgruppe. Sind beim betrachteten Raum bzw. der Raumgruppe mehrere Fassaden oder z. B. Erker vorhanden, ist f_{wg} aus der Summe aller Fensterflächen zur Grundfläche zu berechnen.

5 ANFORDERUNGEN FÜR WOHNGBÄUDE IM DETAIL

5.1 Jahres-Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust

Die wesentlichen Anforderungen der Energieeinsparverordnung 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 2014 wird das Anforderungsmodell der EnEV 2009 fortgeschrieben. 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. Seit dem 1. Januar 2016 ist der so ermittelte Wert um 25 % zu reduzieren. Die bauliche Ausführung des Referenzgebäudes „Wohngebäude“ ist in Tafel 4 aufgeführt. Eine grafische Darstellung aller wesentlichen Komponenten des Referenzgebäudes – auch die anlagentechnischen Elemente – zeigt Bild 10.

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 5). Seit dem 1. Januar 2016 resultiert der Maximalwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts

aus der baulichen Qualität des Referenzgebäudes. Darüber hinaus gelten – als obere Grenzwerte – auch weiterhin die Höchstwerte gemäß EnEV 2009.

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 [15] den Höchstwert S_{zul} nicht überschreiten. Liegt der Fensterflächenanteil des zu beurteilenden Raums unter den in Tafel 6 angegebenen Grenzen, so gilt der Nachweis als erfüllt.

Im Falle von Wohngebäuden, bei denen der kritische Raum einen grundflächenbezogenen Fensterflächenanteil von 35 % nicht überschreitet und deren Fenster in Ost-, Süd- oder Westorientierung (inklusive derer eines Glasvorbaus) mit außen liegenden Sonnenschutzvorrichtungen mit einem Abminderungsfaktor $F_c \leq 0,30$ bei Glas mit $g > 0,40$ (Wärmedämmglas) bzw. $F_c \leq 0,35$ bei Glas mit $g \leq 0,40$ (Sonnenschutzglas) ausgestattet sind, kann ebenfalls auf einen Nachweis verzichtet werden.

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 Wände und Decken darf dabei nicht vorliegen.

5.2.1 Bestimmung des Sonneneintragskennwerts

Für den bezüglich sommerlicher Überhitzung zu untersuchenden Raum oder Raumbereich ist der vorhandene Sonneneintragskennwert S_{vorn} zu ermitteln.

$$S_{vorn} = \sum \frac{A_{w,j} \cdot g_{total,j}}{A_G}$$

mit

A_w Fensterfläche in m^2

g_{total} Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases einschließlich Sonnenschutz

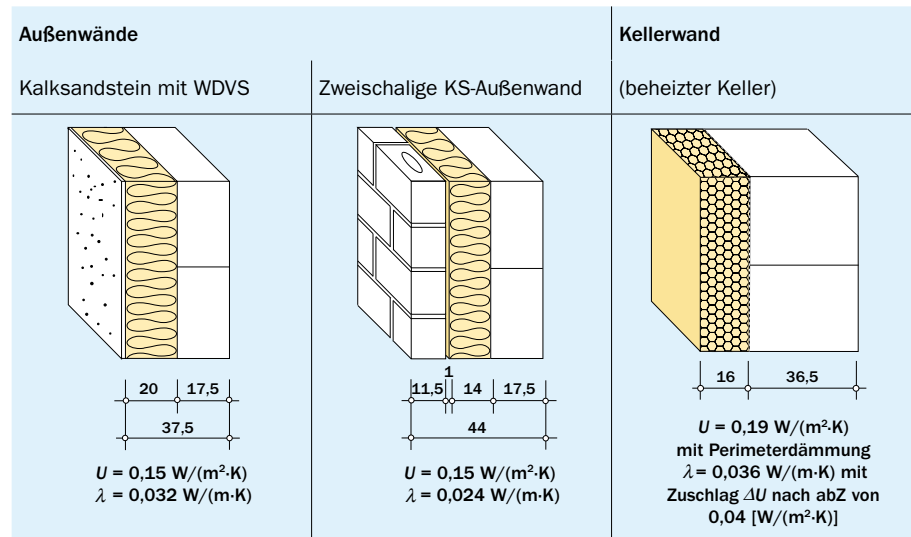
A_G Nettogrundfläche des Raums oder des Raumbereichs in m^2

Der Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases einschließlich Sonnenschutz g_{total} kann vereinfacht berechnet werden.

Tafel 7: Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren F_c von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen in Abhängigkeit von der Glasart; Auszug aus [15]

| Beschaffenheit der Sonnenschutzvorrichtung | Abminderungsfaktor F_c | | |
|---|---------------------------|------------------------|------------------------|
| | Zweifach Sonnenschutzglas | Dreifach Wärmedämmglas | Zweifach Wärmedämmglas |
| Ohne Sonnenschutzvorrichtung | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Innenliegend oder zwischen den Scheiben liegend – weiß oder hochreflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz | 0,65 | 0,70 | 0,65 |
| Außen liegend – Fensterläden, Rollläden, $\frac{3}{4}$ geschlossen | 0,35 | 0,30 | 0,30 |
| Außen liegend – Jalousie und Raffstore; drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung | 0,30 | 0,25 | 0,25 |
| Außen liegend – Markise, parallel zur Verglasung | 0,30 | 0,25 | 0,25 |

Tafel 8: Außenwände aus Kalksandstein (Rohdichteklasse $\geq 1,8$), Beispiele



Aus Gründen der Luftdichtheit ist auf der Innenseite der Außenwände ein Putz aufzubringen.

$$g_{total} = g \cdot F_c$$

mit

g Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases für senkrechten Strahlungseinfall nach DIN EN 410 [16]

F_c Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen nach Tafel 7 bzw. nach Prüfzeugnis

Alternativ kann das Berechnungsverfahren für g_{total} nach DIN V 4108-6, Anhang B verwendet werden.

5.2.2 Höchstwert des Sonneneintragskennwerts

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

$$S_{vorn} \leq S_{zul}$$

Der Höchstwert S_{zul} wird als Summe der anteiligen Sonneneintragskennwerte in DIN V 4108-2 nach dem Bonus-Malus-Prin-

zip ermittelt. Hierbei finden die Klimaregion, die Bauart, eine ggf. mögliche Nachtlüftung, der grundflächenbezogene Fensterflächenanteil, ein ggf. vorhandenes Sonnenschutzglas, die Einbausituation des Fensters und der ggf. vorgesehene Einsatz passiver Kühlung 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. Beispiele für KS-Außenwandkonstruktionen in schwerer Bauart zeigen Tafel 8 und Tafel 17. Eine innenseitige wärmeschutztechnische Bekleidung der massiven Wände und Decken darf dabei nicht vorliegen. Bei Ausführungen von Mauerwerk mit

geringerer Rohdichteklasse ist in der Regel von einer mittleren Bauart auszugehen.

Die positive Auswirkung einer schweren Bauart auf das sommerliche Temperaturverhalten ist in Bild 11 dargestellt.

Ein einfaches, kostenfreies Programm zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes steht zum Download auf www.kalksandstein.de bereit.

Tafel 9: 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 Leitungsnetzteilern | 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 |

5.3 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 9 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 räumlichem Zusammenhang mit dem Gebäude erzeugt und vorrangig im Gebäude selbst genutzt wird.

5.4 Gebäude mit Anlagen zur Kühlung

Bei Gebäuden mit Anlagen zur Kühlung ist das Nachweisverfahren gemäß DIN V 18599 anzuwenden. Das Rechenverfahren der Norm in der Fassung von Dezember 2011 [8] erlaubt die Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs der Raumkühlung auch für Wohngebäude. Der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf wird ohne Berücksichtigung einer Kühlung ermittelt. Somit muss der für die Kühlung erforderliche Energieaufwand im Rahmen der Gesamtbilanzierung kompensiert werden.

5.5 Energieausweise

Wird ein Gebäude errichtet oder geändert und werden im Zusammenhang mit der Änderung die erforderlichen Berechnungen gemäß Energieeinsparverordnung

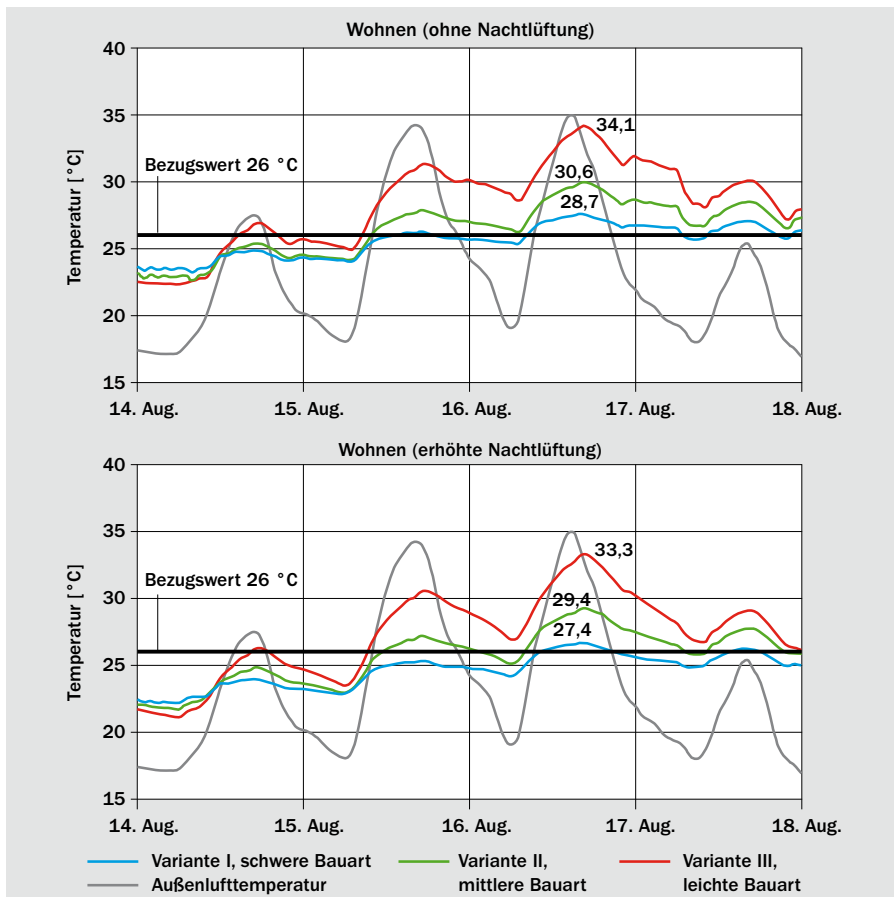


Bild 11: Verlauf von Außentemperatur, Bezugstemperatur und operativer Raumtemperatur der Varianten I bis III mit und ohne Berücksichtigung einer erhöhten Nachtlüftung für den Wohnbereich über eine sommerheiße Periode [17]

durchgeführt, so ist dem Eigentümer ein Energieausweis unter Zugrundelegung der energetischen Eigenschaften des fertiggestellten oder geänderten Gebäudes auszustellen. Der Eigentümer hat den Energieausweis der nach Landesrecht zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen und zu übergeben.

Beim Verkauf eines Gebäudes hat der Verkäufer dem Kaufinteressenten einen Energieausweis (inklusive ggf. vorliegender Modernisierungsempfehlungen) spätestens bei der Besichtigung vorzulegen bzw. bei Abschluss des Kaufvertrages zu übergeben.

- 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 500 m² (nach dem 8. Juli 2015 mehr als 250 m²) Nettogrundfläche, die einen starken Publikumsverkehr aufweisen, sind vorhandene Energieausweise an einer für die Öffentlichkeit gut sichtbaren Stelle auszuhängen.

In Immobilienanzeigen sind seit dem Inkrafttreten der EnEV 2014 – sofern ein Energieausweis vorliegt – umfassende Aussagen zur energetischen Qualität des Gebäudes zu treffen. Im Falle von bereits vorhandenen Energieausweisen, die nach den Maßgaben vorheriger Verordnungen erstellt wurden, ist in den Anzeigen der Endenergiebedarf oder Endenergieverbrauch anzugeben. Liegen Energieausweise gemäß den Anforderungen der Energieeinsparverordnung vor, sind über die Angabe des Endenergiebedarfs oder Endenergieverbrauchs hinaus der wesentliche Energieträger für die Heizung des Gebäudes, das Gebäudebaujahr und die Energieeffizienzklasse aufzunehmen.

Während für Neubauten und in größerem Umfang energetisch modernisierte Bestandsgebäude der Energieausweis auf

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 | $U_w \leq 1,3-1,4$ $U_g \leq 1,1$ | $U_w \leq 1,9$ $U_g \leq 1,9$ |
| Außentüren | $U_t \leq 1,8$ | $U_t \leq 1,8$ |
| Decken, Dächer | $U_d \leq 0,20-0,24$ | $U_d \leq 0,35$ |
| Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich | U_u bzw. $U_g \leq 0,30-0,50$ | keine Anforderungen |
| Decken nach unten an Außenluft | $U_g \leq 0,24$ | keine Anforderungen |

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 gesonderten Richtlinien zur EnEV aufgeführt.

Den Energieausweisen von Bestandsgebäuden (Energiebedarfsausweisen und Energieverbrauchsausweisen) sind Modernisierungsempfehlungen mit Angabe von wirtschaftlichen Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Qualität des Gebäudes als Einzel- und Gesamtmaßnahmen beizufügen.

Die Energieausweise weisen eine Gültigkeitsdauer von zehn Jahren auf. Die entsprechenden Formulare sind in den Anlagen 6 bis 9 der EnEV aufgenommen (siehe auch Abbildung auf S. 36).

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

5.6 Umsetzung der EnEV

Wie gemäß EnEV 2009 sind in der EnEV 2014 hinsichtlich der Verantwortlichkeit für die Einhaltung der Vorschriften 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 sogenannte 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 durch den Bezirksschornsteinfegermeister. Dieser weist den Gebäudeeigentümer auf ggf. vorliegende Unzulänglichkeiten hin.

5.7 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.

Im Falle von Änderungen an 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

INFOKASTEN: PASSIVE SOLARENERGIEGEWINNE

Infolge der auf Außenbauteile auftreffenden Sonneneinstrahlung können die Wärmeverluste vermindert oder Wärmegewinne erzielt werden. Bei Verglasungen wird zur Kennzeichnung üblicherweise der Gesamtdurchlassgrad 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 Gesamtdurchlassgrad
 - θ_i, θ_e [°C] Lufttemperaturen innen 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:

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

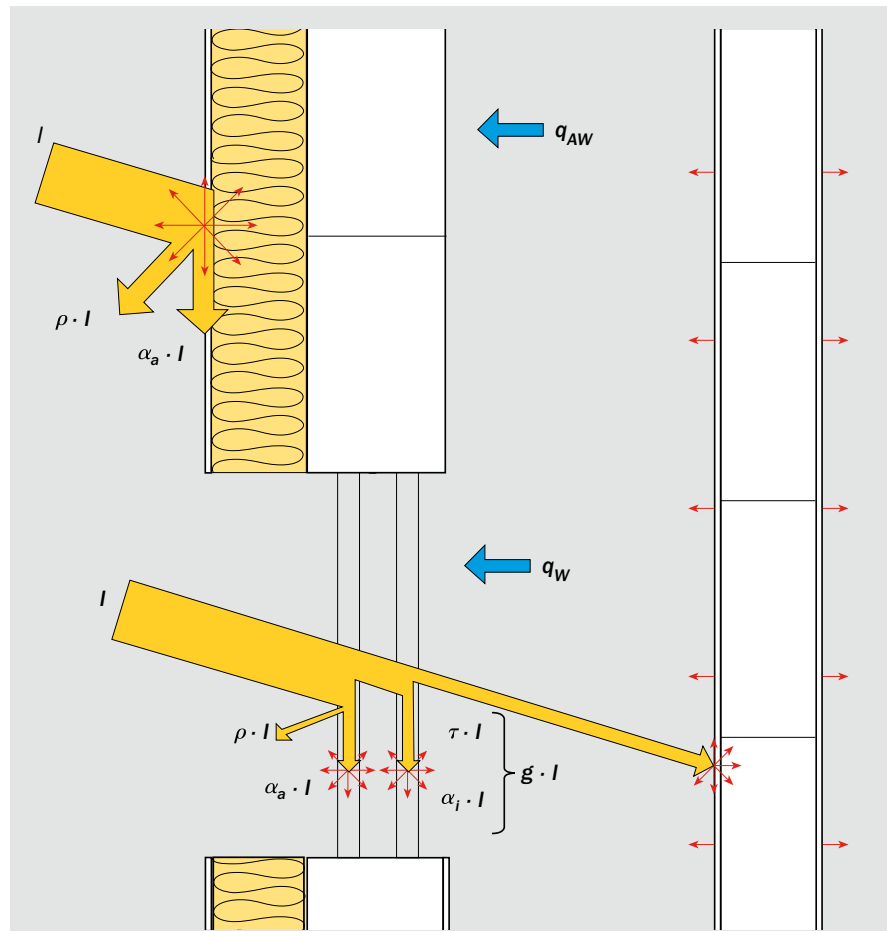
Opake Bauteile:

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

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

- F_F [-] Minderungsfaktor infolge Rahmenanteil
- g [-] Wirksamer Gesamtdurchlassgrad
- 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 Gesamtdurchlassgrades sowie Sonneneinstrahlung bei opaken Bauteilen



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 ($Q_{p,max,Neubau}$) sowie der zulässige spezifische Transmissionswärmeverlust für Neubauten ($H'_{T,max,Neubau}$) um nicht mehr als 40 % überschritten werden.

Nachrüstverpflichtungen bei bestehenden Gebäuden und Anlagen aus der EnEV 2009 wurden fortgeschrieben und lediglich hinsichtlich der Dämmung der obersten Geschossdecke sowie der Austauschpflicht für Heizkessel, geändert.

Eigentümer von Gebäuden müssen bei heizungstechnischen Anlagen ungedämmte, zugängliche Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen, die sich nicht in beheizten Räumen befinden, zur Begrenzung der Wärmeabgabe dämmen. Die Anforderungen an die einzuhaltenen Dämmdicken sind in Tafel 10 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 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.

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

6.1 Monatsbilanz

Neben dem sogenannten Heizperiodenverfahren bietet DIN V 4108-6 [4] das genauere Monatsbilanzverfahren an. Im Rahmen des rechnerischen Nachweises gemäß EnEV 2014 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 (siehe 6.3.1)

Infolge der Wärmetransmission (Wärmedurchgang durch die Bauteile) und der Gebäudelüftung (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:

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

mit
 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 Wärmeverluste

Für die Bestimmung des Jahres-Heizwärmebedarfs 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 Wärme übertragenden 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

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 baulichen Details entsprechen den in DIN 4108, Beiblatt 2 [18] dargestellten Musterlösungen (z.B. Bild 12).

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.

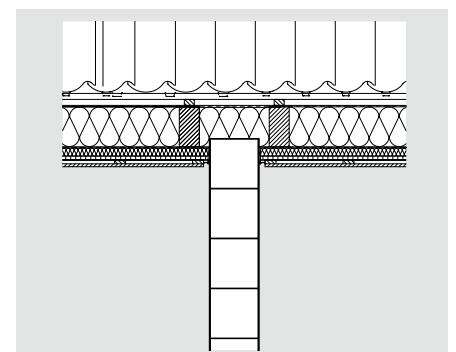


Bild 12: Beispiel einer Ausführung des Dach-Innenwand-Anschlusses in Anlehnung an DIN 4108, Beiblatt 2

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 nur die in DIN 4108 Beiblatt 2 aufgenommenen Wärmebrücken zu berücksichtigen [4].

Weiterhin besteht die Möglichkeit des detaillierten Nachweises über einzelne Wärmebrückenverlustkoeffizienten (Ψ -Werte), die aus Wärmebrückenkatalogen wie z.B. [19] bis [23] entnommen werden können. Hierbei sind mindestens folgende Wärmebrücken zu berücksichtigen:

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

Der ΔU_{WB} -Wert ergibt sich zu

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

mit

- F_i Temperaturkorrekturfaktor
- Ψ_i Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient
- l_i Einflusslänge
- A_{ges} Wärme übertragende Hüllfläche

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 Grenzwerts von $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ erforderlich.

Die Prüfung der Luftdichtheit erfolgt nach DIN EN 13829 [24] mit dem Verfahren B (Prüfung der Gebäudehülle). In diesem Verfahren wird die Qualität der Gebäudehülle ohne die eingebauten haustechnischen Anlagen bewertet. Dabei ist es vorgesehen, alle Fenster und Fenstertüren zu schließen und Zu- bzw. Abluftdurchlässe von raumlufttechnischen Anlagen (dazu gehört nicht die direkt ins Freie fördernde Dunstabzugshaube), Außenwandluftdurchlässe (ALD-Lüftungseinrichtungen) sowie die raumseitigen Öffnungen raumluftabhängiger 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 [25].

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 (Nachtsabschaltung).

Die hohe Wärmespeicherfähigkeit von Kalksandstein wirkt sich sowohl auf den winterlichen als auch auf den sommerlichen Wärmeschutz positiv aus. In Kombination mit einer guten energetischen Qualität der Gebäudehülle ist aufgrund der hohen thermischen Trägheit solcher Gebäude der Ansatz einer reduzierten Heizlast für die Dimensionierung der Heizungsanlage möglich.

6.3.1 Ausnutzungsgrad

Die Quantifizierung der nutzbaren solaren und internen Wärmegewinne erfolgt dabei über einen Ausnutzungsgrad η_M , 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 $C_{wirk} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \cdot V_e$

V_e beinhaltet dabei das Bruttovolumen des Gebäudes.

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

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

mit

- c Spezifische Wärmekapazität [Wh/(kg·K)]
- ρ Rohdichte [kg/m³]
- d Wirksame Schichtdicke [m]
- A Bauteilfläche [m²]

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 $\lambda_i \geq 0,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,
 - 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 ≤ 20 cm ist, oder höchstens 10 cm, wenn die Dicke > 20 cm ist. Bei mehreren Schichten gilt: Vorgehensweise wie zuvor beschrieben, allerdings beidseitig angewendet.

dämmschicht) liegenden Schichten mit einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i \geq 0,1$ W/(m·K) dürfen nur die Dicken der Schichten bis maximal 10 cm in Ansatz gebracht werden. Als Wärmedämmschicht gelten Baustoffe mit Wärmeleitfähigkeiten $\lambda_i < 0,1$ W/(m·K) und einem Wärmedurchlasswiderstand $R_i > 0,25$ (m²·K)/W.

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.

• bei raumseitig vor Wärmedämmschichten (z. B. Estrich auf einer Wärme-

Bei Außenbauteilen wird die Fläche A_i über Außenmaße (Bruttofläche) und bei

Für eine detailliertere Betrachtung sind Hinweise in DIN EN ISO 13786 [26] enthalten.

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. -abschaltung, kühlt ein Gebäude mit geringerer Wärmespeicherfähigkeit rascher aus 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 Energiegewinnen, 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 [27 bis 31].

verzichtet, die Untersuchung dafür um eine weitere Gebäudegeometrie (Mehrfamilienhaus) ergänzt. Das Wärmeschutzniveau „EnEV 2016“ entspricht dabei den Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2016, das Anforderungsniveau „EH 55“ bzw. „EH 40“, einer bauteil- und anlagentechnischen Ausführung gemäß den KfW-Förderkriterien für ein „Effizienzhaus 55“ bzw. „Effizienzhaus 40“.

Die obere Tafel enthält die für die Simulationen maßgeblichen Berechnungsrandbedingungen für die drei genannten Wärmeschutzniveaus. Die wesentlichen Ergebnisse sind in der unteren Tafel zu-

sammengefasst, wobei noch hinsichtlich der Nutzungsrandbedingungen jeweils der Fall mit bzw. ohne Nachtabsenkung gemäß DIN 4108-6 unterschieden wird. Tendenziell werden die in [30] aufgeführten Ergebnisse auch für die hier angesetzten Berechnungsrandbedingungen bestätigt. Die Ausführung mit der höheren Wärmespeicherfähigkeit – also die Ausführung mit Kalksandsteinkonstruktionen – führt in allen Fällen zu einem geringeren Jahres-Heizwärmebedarf. Insbesondere gilt dies für die Varianten ohne Nachtabsenkung, während sich die Ergebnisse aus den oben genannten Gründen bei den Fällen mit Nachtabsenkung angleichen.

Berechnungsrandbedingungen für die drei untersuchten Wärmeschutzniveaus

| Gebäude | Niveau | Wärmedurchgangskoeffizienten [W/(m ² ·K)] | | | | g [-] | ΔU_{WB} [W(m ² ·K)] | Lüftung |
|------------------|-----------|--|-------|-------|-------|-------|--|---|
| | | U_{Aw} | U_D | U_G | U_w | | | |
| Einfamilienhaus | EnEV 2016 | 0,28 | 0,20 | 0,35 | 1,30 | 0,60 | 0,05 | Abluft; n = 0,55 h ⁻¹ |
| | EH 55 | 0,16 | 0,16 | 0,35 | 0,90 | 0,55 | 0,02 | Abluft; n = 0,55 h ⁻¹ |
| | EH 40 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,90 | 0,55 | 0,02 | Zu- und Abluft mit WRG; n = 0,4 h ⁻¹ |
| Mehrfamilienhaus | EnEV 2016 | 0,28 | 0,20 | 0,35 | 1,30 | 0,60 | 0,05 | Abluft; n = 0,55 h ⁻¹ |
| | EH 55 | 0,20 | 0,16 | 0,30 | 0,90 | 0,55 | 0,02 | Abluft; n = 0,55 h ⁻¹ |
| | EH 40 | 0,12 | 0,10 | 0,15 | 0,90 | 0,55 | 0,02 | Zu- und Abluft mit WRG; n = 0,4 h ⁻¹ |

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

| Jahresheizwärmebedarf [kWh/(m ² ·a)] | | Einfamilienhaus | | Mehrfamilienhaus | |
|---|-----------|-----------------|-------|------------------|-------|
| | | Kalksandstein | Holz | Kalksandstein | Holz |
| mit Nachtabsenkung | EnEV 2016 | 47,48 | 47,54 | 36,96 | 37,97 |
| | EH 55 | 32,93 | 33,83 | 26,58 | 27,20 |
| | EH 40 | 30,54 | 31,18 | 25,66 | 26,41 |
| ohne Nachtabsenkung | EnEV 2016 | 52,38 | 53,13 | 40,09 | 41,88 |
| | EH 55 | 35,50 | 37,14 | 28,14 | 29,47 |
| | EH 40 | 31,32 | 32,42 | 25,80 | 27,12 |

Für ein frei stehendes Einfamilienhaus wurde bereits in [30] auf der Basis dynamischer Simulationsrechnung der Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit auf den Heizwärmebedarf anhand von fünf typischen Bauarten für drei unterschiedliche Wärmeschutzniveaus untersucht. Eine vergleichbare, auf künftig zu erwartende Wärmeschutzniveaus aktualisierte Untersuchung für eine leichte (Holz-) und eine schwere (Kalksandstein-) Ausführung führt zu den untenstehenden Ergebnissen. Auf die Untersuchung weiterer Varianten der Bauteilmassen wurde hier

6.3.2 Nachtabschaltung

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

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

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 13)

können alternativ auf zwei Arten behandelt werden. Dabei ist es unerheblich, ob derartige Räume in das Gebäude integriert oder an das Gebäude angelehnt werden.

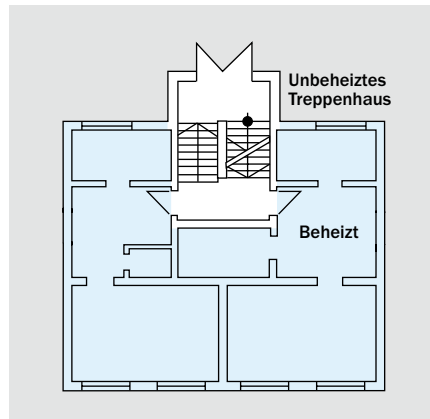


Bild 13: Behandlung unbeheizter Treppenhäuser

Fall 1 (Bild 14)

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.

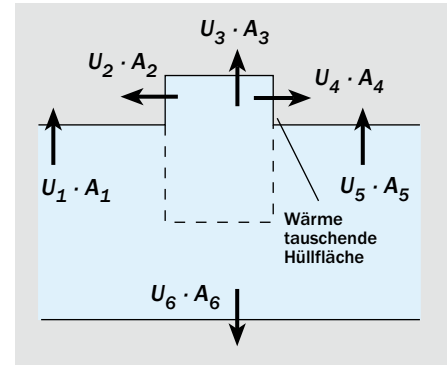


Bild 14: Berechnung nach EnEV „einschließend“ - Fall 1

Fall 2 (Bild 15, 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.

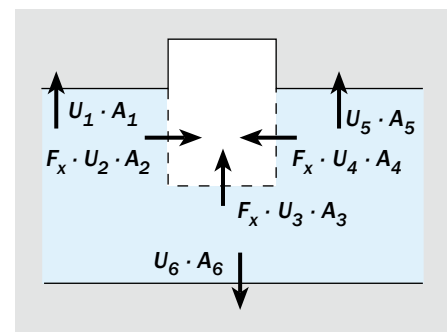


Bild 15: Berechnung nach EnEV „ausgrenzend“ - Fall 2

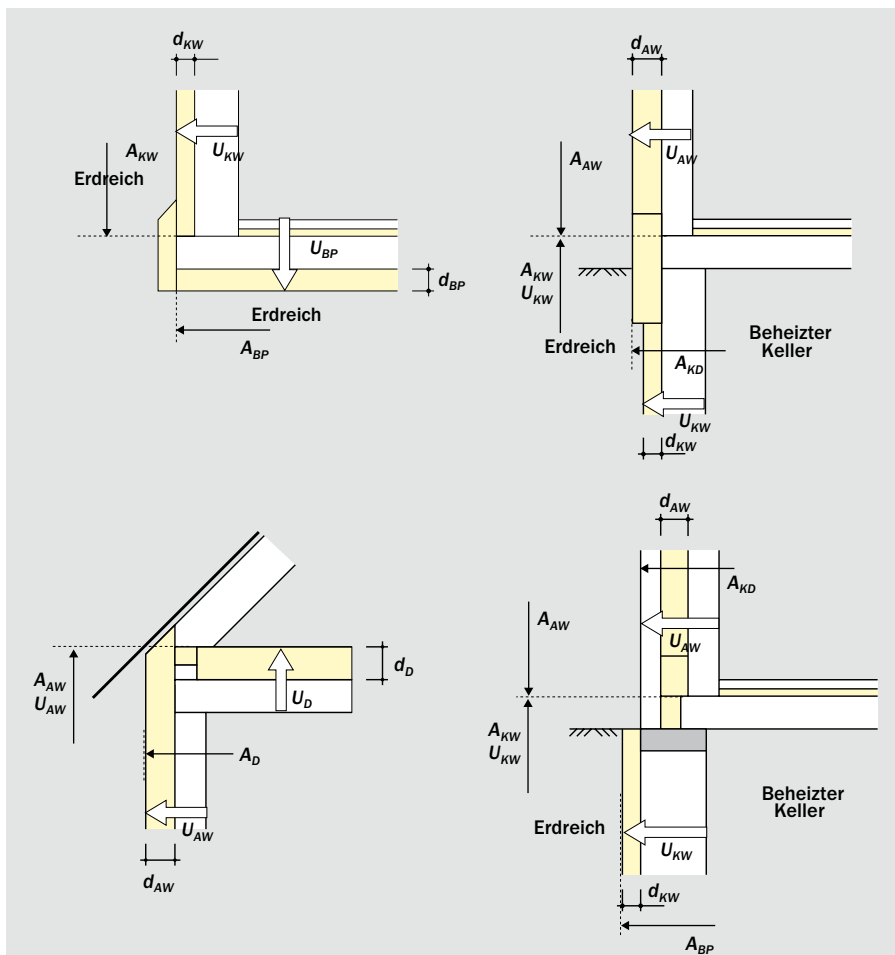


Bild 16: Flächenbezüge nach DIN V 18599-1

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 W/(m²·K) anzusetzen wären.

6.5 Maßbezüge

Bezüglich der Ermittlung der Wärme übertragenden Umfassungsfläche eines Gebäudes verweist die Energieeinsparverordnung auf DIN V 18599-1 und führt aus, dass alle beheizten und gekühlten

Räume in das umschlossene Volumen (Ein-Zonen-Modell) einzubeziehen sind.

DIN V 18599-1 definiert – für Ein-Zonen-Berechnungen, 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.

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 [32] 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 16).

Die Ausnahme bildet der obere Gebäudeabschluss: Hier wird die Oberkante der obersten wärmetechnisch wirksamen Schicht als Außenmaß verwendet (Bild 16).

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. Viele existierende Wärmebrückenkataloge legen diesen Maßbezug bei der Angabe der Wärmebrückenverlustkoeffizienten zugrunde (z.B. [22]). Der Kalksandstein-Wärmebrückenkatalog berücksichtigt hingegen bereits die in der EnEV 2014 zugrundegelegten Maßbezüge aus DIN V 18599 [23].

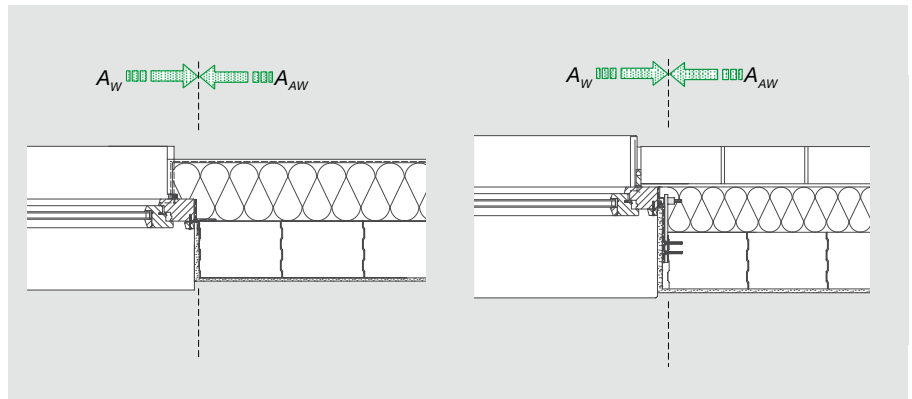


Bild 17: Ermittlung des lichten Rohbaumaßes bei Fensteröffnungen (stumpfer Anschlag, zweischaliges Mauerwerk, mit Innenanschlag); A_W = Fensterfläche, A_{AW} = Fläche Außenwand

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 [33] wird als Fensterfläche das Maß bis zum Anschlag des Blendrahmens festgelegt. Als lichtiges Rohbaumaß gilt deshalb das Maueröffnungsmaß, bei dem das Fenster angeschlagen wird (Bild 17). 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.

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 [6] 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.

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 sogenannte **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 4701-10, Beiblatt 1 [5]. 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/($\text{m}^3 \cdot \text{a}$)] kennzeichnet den volumenbezogenen, Q'' [kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)] den flächenbezogenen Jah-

res-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 sogenannte **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 Energiekonzepts.

Das vollständig überarbeitete KS-Nachweisprogramm für Wohngebäude zur aktuellen EnEV steht zum kostenlosen Download auf www.kalksandstein.de zur Verfügung. Für die U-Wert-Berechnung und die Gebäudegeometrie (Gebäudevolumen und Bauteilflächen) können die neu entwickelten Berechnungsformulare genutzt werden.

Umfang und Inhalt des Programms werden nachfolgend anhand eines Beispiels dargestellt. Dieses Beispiel ist auch in dem genannten Programm hinterlegt.

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um ein frei stehendes, unterkellertes Einfamilienhaus (siehe Abschnitt 8.2). Das beheizte Volumen wird von den Außenbauteilen Wand, Fenster, Bodenplatte und Dachschräge bzw. Kehlbalkendecke 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 0,018 W/(m²·K) in Ansatz gebracht wird.

Die Ermittlung des ΔU_{WB} -Werts ist auf Grundlage der Berechnungen nach DIN EN ISO 10211 [34] nachzuweisen. Mit dem neuen KS Online-Wärmebrücken-katalog [23] kann dieser Nachweis schnell und einfach geführt werden.

Zur Ermittlung des genauen ΔU_{WB} -Werts werden die Wärmebrückenverlustkoeffizienten (Ψ -Werte) für die relevanten Wärmebrücken im KS Online-Wärmebrücken-katalog ausgewählt. Die detailspezifischen Ψ -Werte werden mit den einzutragenden Längen der einzelnen Wärmebrücken multipliziert, aufsummiert und durch die Wärme übertragende Hüllfläche geteilt.

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

Eine detaillierte Beschreibung der Behandlung erdberührter Bauteile findet sich im KS Online-Wärmebrücken-katalog.

Der neue KS Online-Wärmebrücken-katalog unter www.ks-waermebruecken.de ermöglicht die detaillierte Ermittlung des Wärmebrückenzuschlags ΔU_{WB}



Bild 18 : Fraunhofer-Zentrum, Kaiserslautern

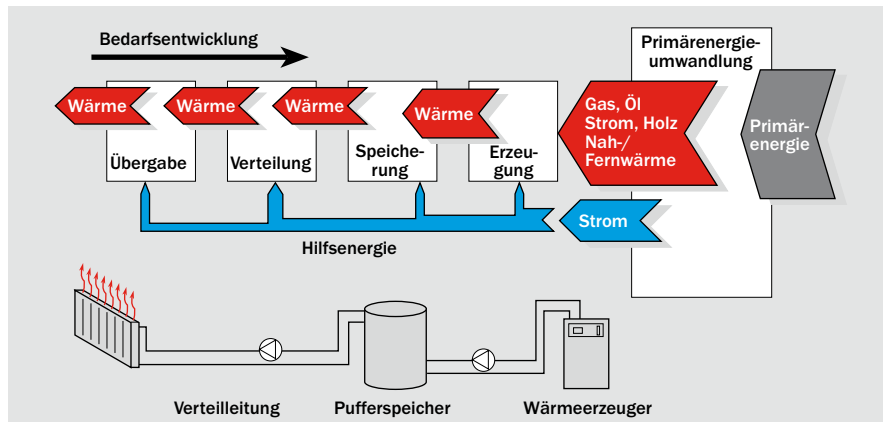
**INFOKASTEN:
ANLAGENTECHNISCHE
EINFLUSSGRÖSSEN**

**Anlagen-Aufwandszahl Heizung,
Warmwasser und Lüftung**

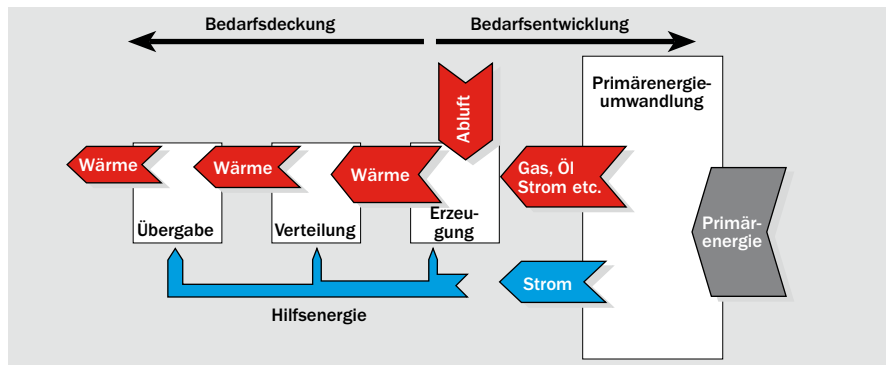
Die Anlagen-Aufwandszahl kennzeichnet die energetische Effizienz der gesamten Energieversorgungskette, deren Bilanzanteile für die Heizung im oberen Bild schematisch dargestellt sind. Die technischen Verluste des Heizsystems setzen sich zusammen aus Übergabeverlusten im Raum Q_{ge} (Heizflächenanordnung, Regelungstechnik), Verteilverlusten Q_{di} (Rohrleitungsführung und -dämmung, Temperatur des Heizmediums), Speicherverlusten Q_s (Aufstellort, Speicherdämmung) und Erzeugungsverlusten Q_{ge} (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

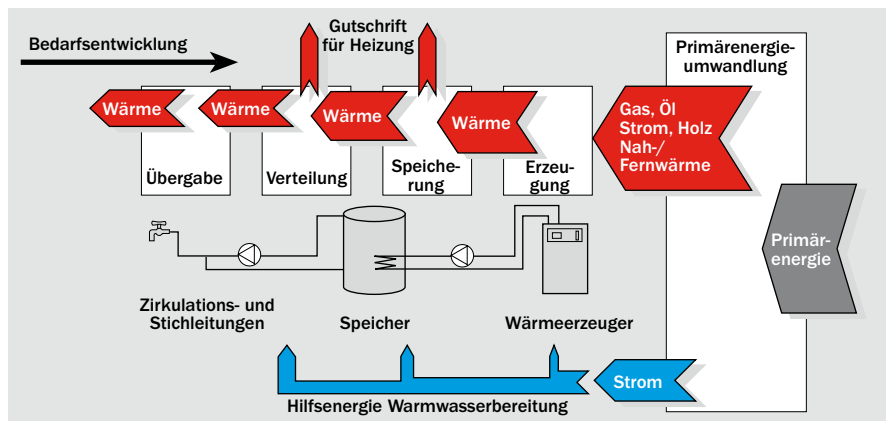
Die Primärenergiebewertungsfaktoren nach DIN V 4701-10 und EnEV sind in der Tafel aufgeführt.



Bilanzierungsanteile Heizungsanlage nach DIN V 4701-10 [6]



Bilanzierungsanteile Lüftungsanlage nach DIN V 4701-10 [6]



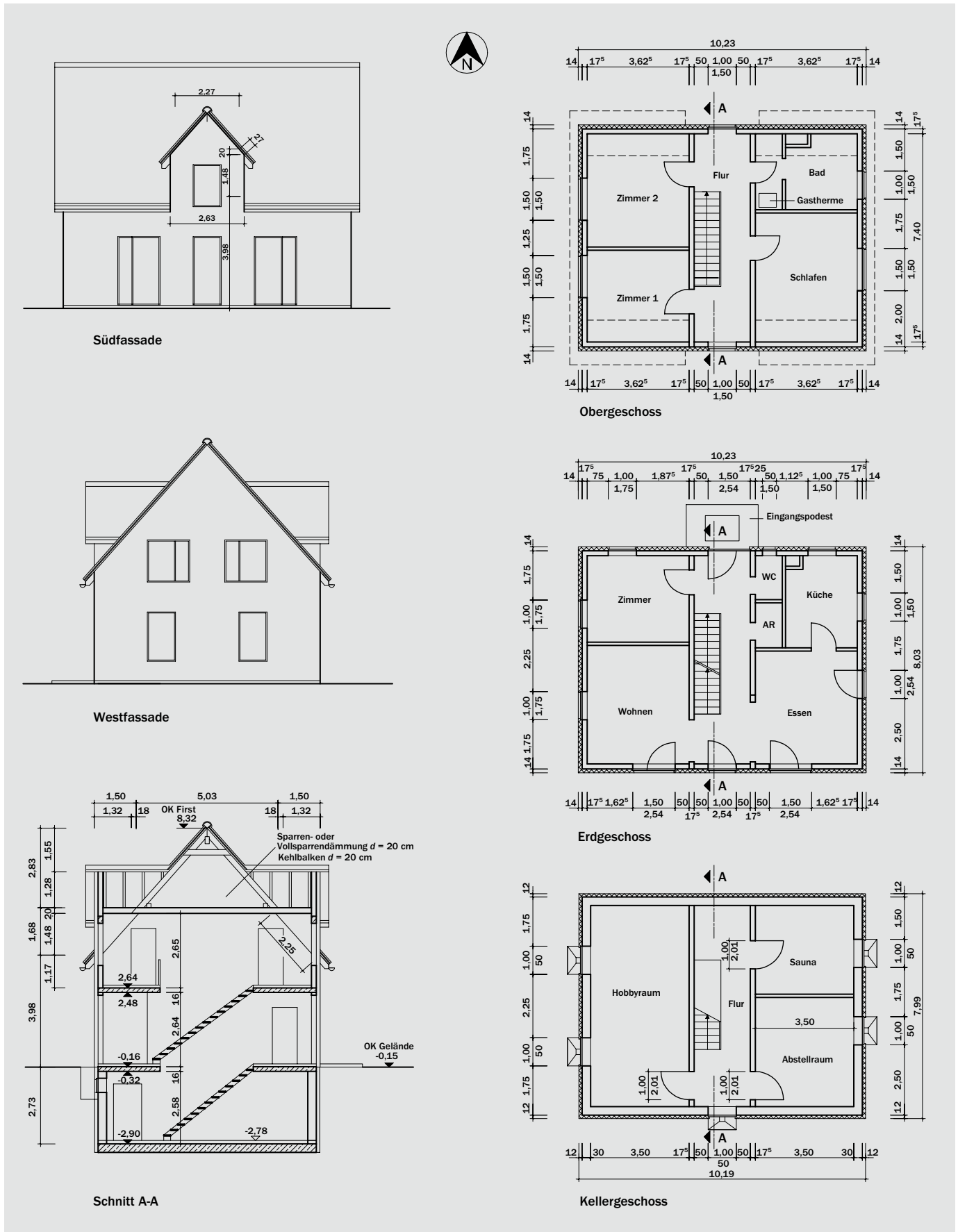
Bilanzierungsanteile Warmwasserbereitung nach DIN V 4701-10 [6]

Primärenergiebewertungsfaktoren (f_p) – nicht erneuerbarer Anteil – nach DIN V 4701-10 [7], DIN V 18599 [8] und EnEV [1]

| Energieträger ¹⁽²⁾ | Primärenergiefaktoren f_p nicht erneuerbarer Anteil | |
|--------------------------------------|--|-----|
| Fossile Brennstoffe | Heizöl EL | 1,1 |
| | Erdgas H | 1,1 |
| | Flüssiggas | 1,1 |
| | Steinkohle | 1,1 |
| | Braunkohle | 1,2 |
| Biogene Brennstoffe | Biogas | 0,5 |
| | Bioöl | 0,5 |
| | Holz | 0,2 |
| Nah-/Fernwärme aus KWK ³⁾ | fossiler Brennstoff | 0,7 |
| | erneuerbarer Brennstoff | 0,0 |
| Nah-/Fernwärme aus Heizwerken | fossiler Brennstoff | 1,3 |
| | erneuerbarer Brennstoff | 0,1 |
| Strom | allgemeiner Strommix ⁴⁾ | 2,4 |
| | Verdrängungsstrommix | 2,8 |

1) Umweltenergie (Solarenergie, Erdwärme, Geothermie, Umgebungswärme, Umgebungskälte und Abwärme innerhalb des Gebäudes) wird mit einem Primärenergiefaktor $f_p = 0$ bewertet.
 2) Bezugsgröße Endenergie: Heizwert H_i
 3) Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %.
 4) Seit dem 1. Januar 2016 ist im Rahmen des EnEV-Nachweises der Wert 1,8 zu verwenden.

8.2 Beispiel Wohngebäude: Gebäudegeometrie, Programmausdrucke, Wärmebrückennachweis und Energieausweis



Nachweis der Anforderungen nach Energieeinsparverordnung gem. DIN V 4108-6/DIN V 4701-10

Wohngebäude - EnEV 2016 - zu errichtendes Gebäude

Objekt (Bezeichnung) *Beispielgebäude Wohnhaus***1 Gebäudedaten**

| | | | |
|--------------------------------------|---------------------|--------|--|
| Volumen (Außenmaß) [m ³] | $V_e =$ | 667,96 | $f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04$ m ⁻¹ |
| Geschosshöhe [m] | $h_G =$ | 2,80 | $f_G = 0,32$ |
| Nutzfläche [m ²] | $A_N = f_G * V_e =$ | 213,75 | |
| Anzahl Wohneinheiten [-] | | 1 | |

2 Wärmeverlust Q_T [kWh/a]**2.1 Spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T [W/K]**

| Kürzel | Orientierung/ Einbausituation | Zuord- nung [Kürzel] | Neigung [°] | Fläche A_i [m ²] | Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)] | Temperatur- korrekturfaktor $F_{x,i}$ [-] | Transmissions- wärmeverlust $U_i * A_i * F_{x,i}$ [W/K] |
|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------|-----------------------------------|---|---|---|
| 2.1.1 Außenwände | | | | | | | |
| AW 1 | Nord | | 90° | 35,79 | 0,21 | 1,0 | 7,57 |
| AW 2 | West | | 90° | 36,94 | 0,21 | 1,0 | 7,81 |
| AW 3 | Süd | | 90° | 33,44 | 0,21 | 1,0 | 7,07 |
| AW 4 | Ost | | 90° | 37,15 | 0,21 | 1,0 | 7,86 |
| AW 5 | 0 | | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |
| AW 6 | 0 | | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |
| AW 7 | 0 | | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |
| AW 8 | 0 | | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |
| AW 9 | 0 | | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |
| AW 10 | 0 | | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |
| AW 11 | 0 | | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |
| AW 12 | 0 | | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |
| 2.1.2 Fenster, Fenstertüren | | | | | | | |
| W 1 | Nord | AW 1 | 90° | 5,50 | 1,3 | 1,0 | 7,15 |
| W 2 | West | AW 2 | 90° | 8,00 | 1,3 | 1,0 | 10,40 |
| W 3 | Süd | AW 3 | 90° | 11,66 | 1,3 | 1,0 | 15,16 |
| W 4 | Ost | AW 4 | 90° | 7,79 | 1,3 | 1,0 | 10,13 |
| W 5 | | 0 | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |
| W 6 | | 0 | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |
| 2.1.3 Haustür | | | | | | | |
| T 1 | Nord | AW 1 | 90° | 3,81 | 1,8 | 1,0 | 6,86 |
| T 2 | | 0 | 90° | 0 | 0 | 1,0 | |

| Kürzel | Orientierung/ Einbausituation | Zuord- nung [Kürzel] | Neigung [°] | Fläche A_i [m ²] | Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)] | Temperatur- korrekturfaktor $F_{x,i}$ [-] | Transmissions- wärmeverlust $U_i * A_i * F_{x,i}$ [W/K] |
|---|----------------------------------|----------------------------|----------------|-----------------------------------|---|---|---|
| 2.1.4 Dach | | | | | | | |
| D 1 | Nord | | 45° | 22,65 | 0,19 | 1,0 | 4,42 |
| D 2 | Süd | | 45° | 22,65 | 0,19 | 1,0 | 4,42 |
| D 3 | Ost | | 45° | 0,76 | 0,19 | 1,0 | 0,15 |
| D 4 | Ost | | 45° | 0,76 | 0,19 | 1,0 | 0,15 |
| D 5 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,0 | |
| D 6 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,0 | |
| D 7 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,0 | |
| D 8 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,0 | |
| 2.1.5 Dachflächenfenster | | | | | | | |
| W 7 | | 0 | | 0 | 0 | 1,0 | |
| W 8 | | 0 | | 0 | 0 | 1,0 | |
| W 9 | | 0 | | 0 | 0 | 1,0 | |
| W 10 | | 0 | | 0 | 0 | 1,0 | |
| 2.1.6 Oberste Geschossdecke | | | | | | | |
| OG 1 | | | | 58,27 | 0,19 | 0,8 | 9,09 |
| OG 2 | | | | 0 | 0 | 0,8 | |
| OG 3 | | | | 0 | 0 | 0,8 | |
| 2.1.7 Wände und Decken zu Abseiten (Drempel) | | | | | | | |
| AbW 1 | | | | 0 | 0 | 0,8 | |
| AbW 2 | | | | 0 | 0 | 0,8 | |
| AbW 3 | | | | 0 | 0 | 0,8 | |
| 2.1.8 Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen (angrenzende Bauteile) | | | | | | | |
| AB 1 | | | | 0 | 0 | 0,5 | |
| AB 2 | | | | 0 | 0 | 0,5 | |
| AB 3 | | | | 0 | 0 | 0,5 | |
| AB 4 | | | | 0 | 0 | 0,5 | |
| AB 5 | | | | 0 | 0 | 0,5 | |

| Kürzel | Orientierung/ Einbausituation | Zuord- nung [Kürzel] | Neigung [°] | Fläche A_i [m ²] | Wärmedurch- gangskoeffizient U_i [W/(m ² K)] | Temperatur- korrekturfaktor $F_{x,i}$ [-] | Transmissions- wärmeverlust $U_i * A_i * F_{x,i}$ [W/K] |
|---|----------------------------------|--|----------------|--|---|---|---|
| 2.1.9 Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden | | | | | | | |
| Bodengrundfläche A_G [m ²] | | 81,4181 | | $B' = A_G / (0,5 * P)$ [m] = | | 4,48 | |
| Umfang Bodengrundfläche P [m] | | 36,36 | | | | | |
| G 1 | Fußboden beheizter Keller | | | 81,42 | 0,28 | 0,45 | 10,26 |
| G 2 | Wand beheizter Keller | | | 96,76 | 0,26 | 0,6 | 15,21 |
| G 3 | 0 | | | 0 | 0 | 1,0 | |
| G 4 | 0 | | | 0 | 0 | 1,0 | |
| G 5 | 0 | | | 0 | 0 | 1,0 | |
| 2.1.10 Fenster in Kellerwand (Kellerschachtfenster, Annahme Orientierung Nord) | | | | | | | |
| W 11 | Wand beheizter KG 2 | | | 2,50 | 1,3 | 1,0 | 3,25 |
| W 12 | 0 | | | 0 | 0 | 1,0 | |
| 2.1.11 Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker) | | | | | | | |
| AG 6 | | | | 0 | 0 | 1,0 | |
| AG 7 | | | | 0 | 0 | 1,0 | |
| Summe Hüllfläche | | $A = \Sigma A_i$ [m²] = | | 465,83 | | | |
| Spezifischer Transmissionswärmeverlust Bauteilflächen | | | | | $H_T = \Sigma U_i * A_i * F_{x,i}$ [W/K] = | | 126,93 |
| 2.1.12 Wärmebrückenkorrekturwert | | | | Auswahl: detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2 | | | |
| pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2 | | | | $\Delta U_{WB} = 0,10$ [W/(m ² K)] | | | |
| optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2 | | | | $\Delta U_{WB} = 0,05$ [W/(m ² K)] | | | |
| detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2 | | | | $\Delta U_{WB} =$ Eingabe [W/(m ² K)] | | 0,018 | |
| | | | | ΔU_{WB} [W/(m ² K)] = | | 0,018 | |
| 2.1.13 Berechnung spezifischer Transmissionswärmeverlust | | | | | | | |
| Spezifischer Transmissionswärmeverlust | | | | | $H_T = \Sigma U_i * A_i * F_{x,i} + \Delta U_{WB} * A$ [W/K] = | | 135,32 |
| 2.2 Transmissionswärmeverlust Q_T [kWh/a] | | | | | | | |
| Transmissionswärmeverlust | | | | $Q_{T,M} = 0,024 * H_T * (19 \text{ °C} - \theta_{e,M}) * t_M$ [kWh/a] = | | 11.207,54 | |

| 2.3 Spezifischer Lüftungswärmeverlust H_V [W/K] | | | | | | | |
|--|--------------|--|------------|---|--------------------|------------------|----------------------|
| beheiztes Luftvolumen (Netto-Volumen) | | Auswahl: Gebäude bis 3 Vollgeschosse | | | | | |
| Gebäude bis 3 Vollgeschosse | | $V = 0,76 * V_e$ [m³] | | | | 507,65 | |
| übrige Gebäude | | $V = 0,80 * V_e$ [m³] | | | | | |
| Außenluftwechsel | | Auswahl: mit Dichtheitsprüfung - Fensterlüftung | | | | | |
| ohne Dichtheitsprüfung | | $n = 0,70$ [h ⁻¹] | | | | | |
| mit Dichtheitsprüfung - Fensterlüftung | | $n = 0,60$ [h ⁻¹] | | | | 0,60 | |
| mit Dichtheitsprüfung - Zu-/Abluftanlage | | $n = 0,60$ [h ⁻¹] | | | | | |
| mit Dichtheitsprüfung - Abluftanlage | | $n = 0,40 + 0,15 = 0,55$ [h ⁻¹] | | | | | |
| mit Dichtheitsprüfung - Abluftanlage bedarfsgeführt | | $n = 0,35 + 0,15 = 0,50$ [h ⁻¹] | | | | | |
| Spezifischer Lüftungswärmeverlust | | $H_V = 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) * n * V$ [W/K] = | | | | 103,56 | |
| 2.4 Lüftungswärmeverlust Q_V [kWh/a] | | | | | | | |
| Lüftungswärmeverlust | | $Q_{V,M} = 0,024 * H_V * (19 \text{ °C} - \theta_{e,M}) * t_M$ [kWh/a] = | | | | 8.577,34 | |
| 3 Wärmegewinne | | | | | | | |
| 3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile $Q_{s,t}$ [kWh/a] | | | | | | | |
| Kürzel | Orientierung | Neigung | Fläche | Gesamt-energie-durchlass-grad | Verschattung | Minderung Rahmen | Strahlungsintensität |
| | | [°] | A_i [m²] | g_i [-] | $F_s \leq 0,9$ [-] | F_F [-] | $I_{s,i,M}$ [W/m²] |
| W 1 | Nord | 90° | 5,50 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | Monatswerte |
| W 2 | West | 90° | 8,00 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | Monatswerte |
| W 3 | Süd | 90° | 11,66 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | Monatswerte |
| W 4 | Ost | 90° | 7,79 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | Monatswerte |
| W 5 | | 90° | 0 | 0 | 0 | 0 | Monatswerte |
| W 6 | | 90° | 0 | 0 | 0 | 0 | Monatswerte |
| W 7 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | Monatswerte |
| W 8 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | Monatswerte |
| W 9 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | Monatswerte |
| W 10 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | Monatswerte |
| W 11 | Nord | 90° | 2,50 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | Monatswerte |
| W 12 | Nord | 90° | 0 | 0 | 0 | 0 | Monatswerte |
| Wärmestrom über transparente Bauteile | | | | $\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{s,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$ [W] | | | Monatswerte |
| Solare Wärmegewinne transparente Bauteile | | | | $Q_{s,t} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$ [kWh/a] = | | | 7.896,12 |

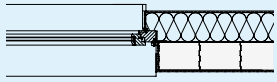
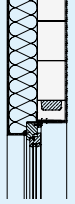
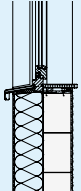
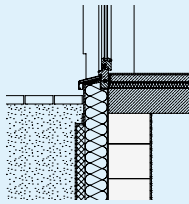
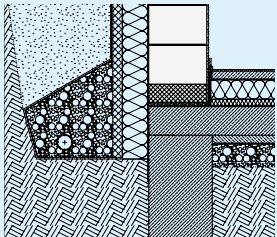
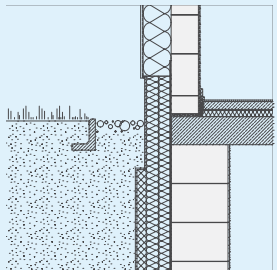
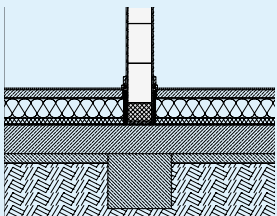
| 3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,op}$ [kWh/a] | | | | | | | |
|--|-------------------------|--------------|---|--|-------------------|---|----------------------|
| Kürzel | Orientierung | Neigung | Fläche | Strahlungsabsorptionsgrad | weitere Parameter | weitere Parameter | Strahlungsintensität |
| | | [°] | | A_i [m ²] | α_i [-] | $U_i * R_e$ [-] | |
| AW 1 | Nord | 90° | 35,79 | 0,5 | 0,008459564 | 20 | Monatswerte |
| AW 2 | West | 90° | 36,94 | 0,5 | 0,008459564 | 20 | Monatswerte |
| AW 3 | Süd | 90° | 33,44 | 0,5 | 0,008459564 | 20 | Monatswerte |
| AW 4 | Ost | 90° | 37,15 | 0,5 | 0,008459564 | 20 | Monatswerte |
| AW 5 | 0 | 90° | 0 | 0,5 | 0 | 20 | Monatswerte |
| AW 6 | 0 | 90° | 0 | 0,5 | 0 | 20 | Monatswerte |
| AW 7 | 0 | 90° | 0 | 0,5 | 0 | 20 | Monatswerte |
| AW 8 | 0 | 90° | 0 | 0,5 | 0 | 20 | Monatswerte |
| AW 9 | 0 | 90° | 0 | 0,5 | 0 | 20 | Monatswerte |
| AW 10 | 0 | 90° | 0 | 0,5 | 0 | 20 | Monatswerte |
| AW 11 | 0 | 90° | 0 | 0,5 | 0 | 20 | Monatswerte |
| AW 12 | 0 | 90° | 0 | 0,5 | 0 | 20 | Monatswerte |
| T 1 | Nord | 90° | 3,81 | 0,5 | 0,072 | 20 | Monatswerte |
| T 2 | | 90° | 0 | 0,5 | 0 | 0 | Monatswerte |
| D 1 | Nord | 45° | 22,65 | 0,5 | 0,007798384 | 40 | Monatswerte |
| D 2 | Süd | 45° | 22,65 | 0,5 | 0,007798384 | 40 | Monatswerte |
| D 3 | Ost | 45° | 0,76 | 0,5 | 0,007798384 | 40 | Monatswerte |
| D 4 | Ost | 45° | 0,76 | 0,5 | 0,007798384 | 40 | Monatswerte |
| D 5 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 40 | Monatswerte |
| D 6 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 40 | Monatswerte |
| D 7 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 40 | Monatswerte |
| D 8 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 40 | Monatswerte |
| Wärmestrom über opake Bauteile | | | | $\Phi_{s,o,M} \Sigma (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{f,i} * h_r * \Delta\theta_{er}))$ [W] | | | Monatswerte |
| Solare Wärmegewinne opake Bauteile | | | | $Q_{s,op} = \Sigma (0,024 * \Phi_{s,o,M} * t_M)$ [kWh/a] = | | | 209,48 |
| 3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a] | | | | | | | |
| Spezifische auf die Nutzfläche bezogene interne Wärmegewinne | | | | | | $q_i = 5 \text{ W/m}^2$ | |
| Interne Wärmegewinne | | | | | | $Q_i = 0,024 * q_i * A_N * t_M$ [kWh/a] = | 9.362,17 |
| 4 Wirksame Wärmespeicherfähigkeit C_{wirk} [Wh/K] | | | | | | | |
| Auswahl: schwere Bauweise | | | | | | | |
| für Ausnutzungsgrad | leichte Bauweise | Volumenbezug | $C_{wirk,\eta}' = 15 \text{ [Wh/(m}^3\text{K)]}$ | | | | |
| | schwere Bauweise | Volumenbezug | $C_{wirk,\eta}' = 50 \text{ [Wh/(m}^3\text{K)]}$ | | | | 50 |
| | detaillierte Berechnung | Volumenbezug | $C_{wirk,\eta}' = \text{Eingabe [Wh/(m}^3\text{K)]}$ | | | | |
| | | absolut | $C_{wirk,\eta} = C_{wirk,\eta}' * V_e \text{ [Wh/K]} =$ | | | | 33.398,15 |
| bei Nachtabschaltung | leichte Bauweise | Volumenbezug | $C_{wirk,NA}' = 12 \text{ [Wh/(m}^3\text{K)]}$ | | | | |
| | schwere Bauweise | Volumenbezug | $C_{wirk,NA}' = 18 \text{ [Wh/(m}^3\text{K)]}$ | | | | 18 |
| | detaillierte Berechnung | Volumenbezug | $C_{wirk,NA}' = \text{Eingabe [Wh/(m}^3\text{K)]}$ | | | | |
| | | absolut | $C_{wirk,NA} = C_{wirk,NA}' * V_e \text{ [Wh/K]} =$ | | | | 12.023,33 |

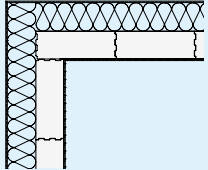
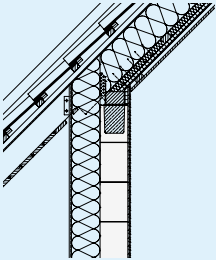
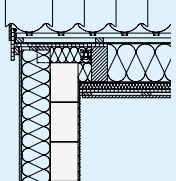
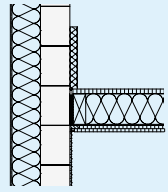
| 5 Jahres-Heizwärmebedarf Q_h [kWh/a] bzw. flächenbezogen Q_h'' [kWh/(m²a)] | | | |
|---|---|-------------|-----------------|
| Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung | $Q_{i,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \theta_{e,M}) * t_M$ [kWh/a] = | | 19.784,87 |
| Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung | gemäß DIN V 4108-6 Anhang C $Q_{i,NA,M}$ [kWh/a] = | | 19.170,33 |
| Summe Wärmeverlust abzüglich solare Gewinne opake Bauteile | $Q_{i^*,M} = Q_{i,NA,M} - Q_{s,op,M}$ [kWh/a] = | | 18.960,86 |
| Summe Wärmegewinn transparente Bauteile und intern | $Q_{g,M} = Q_{s,t} + Q_i$ [kWh/a] = | | 17.258,28 |
| Wärmegewinn-/verlustverhältnis | $\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{i,NA,M} - Q_{s,op,M})$ [-] = | Monatswerte | |
| numerischer Parameter | $a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + (C_{\text{wirkl},\eta} / (H_T + H_V)) / (16 \text{ h})$ [-] = | | 9,7383 |
| Ausnutzungsgrad Wärmegewinne | $\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$ [-] wenn $\gamma \neq 1$ $\eta_M = a / (a + 1)$ [-] wenn $\gamma = 1$ | Monatswerte | |
| Jahres-Heizwärmebedarf | $Q_{h,M} = Q_{i,NA,M} - Q_{s,op,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$ [kWh/a] = | | 8.896,20 |
| Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf | $Q_h'' = q_h = Q_h / A_N$ [kWh/(m ² a)] = | | 41,62 |
| 6 Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust $H_{T'}^{\text{vorh}}$ [W/(m²K)] | | | |
| vorhandener spezifischer auf die Hüllfläche bezogener Transmissionswärmeverlust | | | |
| | $H_{T'}^{\text{vorh}} = H_T / A$ [W/(m ² K)] = | | 0,29 |
| Höchstwerte spezifischer auf die Hüllfläche bezogener Transmissionswärmeverlust (EnEV Anlage 1 Tabelle 2) | | | |
| Höchstwerte spez. Transmissionswärmeverlust | Auswahl: freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$ | | |
| freistehendes EFH mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$ | $H_{T'}^{\text{Tab2}} = 0,40$ [W/(m ² K)] | | 0,40 |
| freistehendes EFH mit $A_N > 350 \text{ m}^2$ | $H_{T'}^{\text{Tab2}} = 0,50$ [W/(m ² K)] | | |
| einseitig angebautes Wohngebäude | $H_{T'}^{\text{Tab2}} = 0,45$ [W/(m ² K)] | | |
| alle anderen Wohngebäude | $H_{T'}^{\text{Tab2}} = 0,65$ [W/(m ² K)] | | |
| spez. flächenbez. Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes | $H_{T'}^{\text{Ref}}$ [W/(m ² K)] | | 0,36 |
| zulässiger spezifischer Transmissionswärmeverlust | | | |
| EnEV 2014: Höchstwerte aus Tabelle 2 | $H_{T'}^{\text{max}} = H_{T'}^{\text{Tab2}}$ [W/(m ² K)] = | | 0,40 |
| EnEV 2016: Referenzgeb. | $H_{T'}^{\text{max}} = H_{T'}^{\text{Ref}}$ wenn $H_{T'}^{\text{Ref}} < H_{T'}^{\text{Tab2}}$ sonst $H_{T'}^{\text{Tab2}}$ [W/(m ² K)] = | | 0,36 |
| | hier ausgewählt: EnEV 2016 | | 0,36 |
| Nebenanforderung an spez. flächenbez. Transmissionswärmeverlust | $H_{T'}^{\text{vorh}} \leq H_{T'}^{\text{max}}$ | | erfüllt |
| 7 Primärenergieaufwandszahl gemäß DIN V 4701-10 e_p [-] | | | |
| Verfahren gemäß DIN V 4701-10 | Auswahl: Diagrammverfahren/Musteranlage | | |
| Diagrammverfahren/Musteranlage | | | |
| Auswahl: Anlage 7 - Wärmepumpe (Luft/Wasser) mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung | | | |
| Anlagen-Aufwandszahl | e_p [-] | | 0,75 |
| Berechnung gemäß Tabellenverfahren - siehe Blatt "Technik" | | | |
| <i>nicht ausgewählt</i> | e_p [-] | | |
| Musteranlage aus Beiblatt 1, Eingabe Kennwerte - Nachweise und Berechnungen liegen bei | | | |
| Anlagen-Aufwandszahl | e_p [-] | | |
| Endenergie Wärme Flächenbezug | $Q_{WE,E}'' = q_{WE,E}$ [kWh/(m ² a)] | | |
| Endenergie Hilfsenergie Flächenbezug | $Q_{HE,E}'' = q_{HE,E}$ [kWh/(m ² a)] | | |
| Jahres-Endenergiebedarf (ohne Hilfsenergie) | $Q_{WE,E}'' = q_{WE,E}$ [kWh/(m ² a)] | | 20,31 |
| Jahres-Hilfsenergiebedarf | $Q_{HE,E}'' = q_{HE,E}$ [kWh/(m ² a)] | | 4,81 |
| Anlagen-Aufwandszahl | e_p [-] | | 0,75 |

| 8 Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Gebäudenutzfläche $Q_{P,vorh}$ [kWh/(m²a)] | | |
|--|---|----------------|
| vorhandener Jahres-Primärenergiebedarf | $Q_{P,vorh} = q_p = e_p * (Q_n + 12,5) + \Delta Q_{P,c}$ [kWh/(m ² a)] | 40,52 |
| Energieeffizienzklasse gem. Anlage 10 der EnEV | | A+ |
| Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes | $Q_{P,Ref}$ [kWh/(m ² a)] | 69,96 |
| zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf | | |
| EnEV 2014: Referenzgebäude, $f_{p,Strom} = 2,4$ | $Q_{P,max} = Q_{P,Ref}$ [kWh/(m ² a)] | 69,96 |
| EnEV 2016: Referenzgebäude - 25%, $f_{p,Strom} = 1,8$ | $Q_{P,max} = 0,75 * Q_{P,Ref}$ [kWh/(m ² a)] | 52,47 |
| | hier ausgewählt: EnEV 2016 | 52,47 |
| Anforderung an den Jahres-Primärenergiebedarf | $Q_{P,vorh} \leq Q_{P,max}$ | erfüllt |

Detaillierte Ermittlung ΔU_{WB} nach dem KS-Wärmebrückenkatalog

Relevante Details für das Beispielgebäude

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------|-------------------------------------|--|--------------------|------------|--|-------------------------------------|---|
| Nr. i | Bauteilanschluss bzw. Wärmebrücke | Anzahl · Einzellängen [m] | Länge l_i [m] | Detail Nr. | Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ_i [W/(m·K)] | Produkt $l_i \cdot \Psi_i$ [W/K] | Beispielbild und Hinweise |
| 1 | Fensterlaibung (seitlich) | 18 · 1,50 + 6 · 1,75 + 8 · 2,54 + 10 · 0,50 | 62,82 | 2.5.1 | 0,002 ¹⁾ | 0,126 |  |
| 2 | Fenstersturz | 10 · 1,00 + 5 · 1,50 + 1 · 0,50 + 5 · 1,00 | 23,00 | 2.5.2 | 0,003 | 0,069 |  |
| 3 | Fensterbrüstung | 8 · 1,00 + 3 · 1,50 + 1 · 0,50 + 5 · 1,00 | 18,00 | 2.5.7 | -0,003 | -0,054 |  |
| 4 | Bodenschwelle Terrassentür | 2 · 1,00 + 2 · 1,50 | 5,00 | 2.5.9 | -0,027 | -0,135 |  |
| 5 | Haustüre (Laibung, Sturz, Schwelle) | – | – | – | – | – | kann vernachlässigt werden |
| 6 | Fundamentanschluss UG-Fußboden | 2 · 10,19 + 2 · 7,99 | 36,36 | 1.1.1 | 0,101 | 3,672 |  |
| 7 | Sockelanschluss UG/EG | 2 · 10,23 + 2 · 8,03 - 2 · 1,50 - 2 · 1,00 | 31,52 | 2.2.1 | 0,064 | 2,017 |  |
| 8 | Geschossdeckenanschluss EG/OG | – | – | – | – | – | kann vernachlässigt werden (WDVS mit $R \geq 2,5 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$) |
| 9a | Innenwand 17,5 cm UG auf UG-Boden | 2 · 7,99 - 3 · 1,00 | 12,98 | 4.1.1 | 0,116 | 1,506 |  |
| 9b | Innenwand 11,5 cm UG auf UG-Boden | 1 · 4,10 | 4,10 | 4.1.1 | 0,092 | 0,377 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------|---|-------------------------------|--------------------|------------|--|-------------------------------------|---|
| Nr. i | Bauteilanschluss bzw. Wärmebrücke | Anzahl · Einzellängen [m] | Länge l_i [m] | Detail Nr. | Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ_i [W/(m·K)] | Produkt $l_i \cdot \Psi_i$ [W/K] | Beispielbild und Hinweise |
| 10 | Innenwandeinbindungen in Außenwände UG, EG, OG | – | – | – | – | – | kann vernachlässigt werden (WDVS mit $R \geq 2,5 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$) |
| 11 | Außenecke Mauerwerk, Außenecke Gauben | $4 \cdot 3,98 + 4 \cdot 1,48$ | 21,84 | 2.4.1 | -0,058 | -1,267 |  |
| 12 | Außenecke erdberührte Kellerwände | – | – | – | – | – | kann vernachlässigt werden (es existieren keine eindeutigen Regeln für die Berechnung dieser Wärmebrücke) |
| 13 | Traufe, Traufe Gauben | $2 \cdot 7,60 + 4 \cdot 1,32$ | 20,48 | 2.6.1 | -0,010 | -0,205 |  |
| 14 | Ortgang, Ortgang Gauben | $4 \cdot 2,25 + 4 \cdot 0,27$ | 10,08 | 2.6.2 | 0,019 | 0,192 |  |
| 15 | Übergang Kehlbalkendecke an Dach | – | – | – | – | – | kann vernachlässigt werden (gleicher Bauteilaufbau) |
| 16 | Kehlbalkendecke an Giebelwand, Kehlbalkendecke an Giebelwand Gauben | $2 \cdot 5,03 + 2 \cdot 2,27$ | 14,60 | 2.3.4 | 0,115 | 1,679 |  |
| – | Aufsummation | | | | $\Sigma(l_i \cdot \Psi_i) \text{ [W/K]} =$ | 7,977 | |
| – | Hüllfläche | | | | Hüllfläche $A \text{ [m}^2\text{]} =$ | 452,62 | |
| – | Detaillierter vorhandener Wärmebrückenzuschlag | | | | $\frac{\Delta U_{WB,vorh}}{\Sigma(l_i \cdot \Psi_i)/A} \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]}$ | 0,018 | |

¹⁾ Für $U_i = 1,7$ und 14 cm WDVS

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß, den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 18.11.2013

Gültig bis: 06.01.2023 **Registriernummer 2** (oder: „Registriernummer wurde beantragt am...“)

1

| | | |
|---|---|---|
| Gebäude | freistehendes Einfamilienhaus | Verwendung: |
| Gebäudetyp | Musterstraße 1, 12345 Musterhausen | <input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung <input type="checkbox"/> Anlage zur Schachtlüftung <input type="checkbox"/> Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung <input type="checkbox"/> Kühlung |
| Adresse | Ganzes Gebäude | <input checked="" type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig) |
| Gebäudejahr | 2016 | <input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf (Anderung/Erweiterung) |
| Baujahr Gebäude ³ | 2016 | |
| Baujahr Wärmeerzeuger ^{3,4} | 1 | |
| Anzahl Wohnungen | 214 m ² <input type="checkbox"/> nach § 19 EnEV aus der Wohnfläche ermittelt | |
| Gebäudenutzfläche (A _N) | Strom | |
| Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser ³ | | |
| Erneuerbare Energien | Art: keine | |

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

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

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

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt (Energieverbrauchsausweis). Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch Eigentümer Aussteller

Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität 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 KALKSANDSTEIN Industrie eV Dipl.-Ing. Max Mustermann Musterweg 21 12345 Musterstadt | TT.MM.JJJJ Ausstellungsdatum | Unterschrift des Ausstellers |
|---|---------------------------------|------------------------------|

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

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß, den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 18.11.2013

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes **Registriernummer 2** (oder: „Registriernummer wurde beantragt am...“)

2

| | | |
|-------------------------------------|--|------------------------|
| Energiebedarf | CO ₂ -Emissionen ³ | kg/(m ² ·a) |
| Endenergiebedarf dieses Gebäudes | 25 kWh/(m ² ·a) | |
| Primärenergiebedarf dieses Gebäudes | 41 kWh/(m ² ·a) | |

Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

Anforderungen gemäß EnEV⁴

Primärenergiebedarf Ist-Wert 41 kWh/(m²·a) Anforderungswert 53 kWh/(m²·a) Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10

Energetische Qualität der Gebäudenutzfläche H_t: Ist-Wert 0,29 W/(m²·K) Anforderungswert 0,36 W/(m²·K) Verfahren nach DIN V 18599

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau) eingehalten Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV

Endenergiebedarf dieses Gebäudes [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen] **25 kWh/(m²·a)**

Angaben zum EEWärmeG⁵

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

| | | |
|------|-----------------|---|
| Art: | Deckungsanteil: | % |
| | | % |
| | | % |

Ersatzmaßnahmen⁶

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

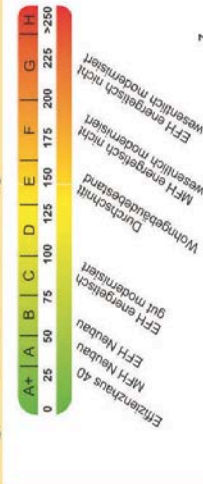
Die nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG verschärften Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Die in Verbindung mit § 8 EEWärmeG um verschärften Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfter Anforderungswert Primärenergiebedarf: kWh/(m²·a)

Verschärfter Anforderungswert für die energetische Qualität der Gebäudenutzfläche H_t: W/(m²·K)

Vergleichswerte Endenergie



Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

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

² siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises ³ freiwillige Angabe ⁴ nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV ⁵ nur bei Neubau ⁶ nur bei Neubau im Fall der Anwendung von § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG ⁷ EFH: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus

8.3 Variationen baulicher und anlagentechnischer Ausführungen

Um die baupraktischen Auswirkungen der Anforderungen und Möglichkeiten zur Erfüllung der EnEV 2014 mit dem Anforderungsniveau ab 1. Januar 2016 aufzuzeigen, werden zwei Beispielgebäude betrachtet. Es handelt sich hierbei um ein frei stehendes Einfamilienhaus (Tafel 11) und ein als Zweispänner ausgeführtes Mehrfamilienhaus (Tafel 12).

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

- Primärenergiebedarfs

bzw. des

- spezifischen Transmissionswärmeverlustes

werden neben anlagentechnischen Maßnahmen die Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwände, des Daches und der Kellerdecke des unteren Gebäudeabschlusses sowie die Wärmebrückenkorrekturwerte beispielhaft angepasst.

In den Tafeln 13 und 14 sind die betrachteten Varianten mit Angabe der Randbedingungen bezüglich des Luftwechsels (n) und des Wärmebrückenkorrekturwerts (ΔU_{WB}), die jeweiligen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte), der spezifische Transmissionswärmeverlust (H'), die Anlagenaufwandszahl e_p sowie der flächenbezogene End- (q_e) und Primärenergiebedarf (q_p) aufgeführt. Die jeweils greifende Anforderung – Primärenergiebedarf oder spezifischer Transmissionswärmeverlust – ist farblich unterlegt. Weiterhin ist die neu eingeführte, auf den Endenergiebedarf bezogene Effizienzklasse der Energieausweise angegeben. Die für Neubauten üblichen Klassen bewegen sich im Bereich A+ (< 30 kWh/(m²·a)), A (< 50 kWh/(m²·a)) bis B (< 75 kWh/(m²·a)).

Beide Gebäude entsprechen im Ausgangsfall (Variante 0) baulich sowie anlagentechnisch der Ausführung des Referenzgebäudes gemäß EnEV 2014. Die jeweils resultierenden Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs sind gemäß EnEV 2014 seit dem 1.1.2016 um 25 % zu vermindern. Somit ergeben sich die Anforderungswerte $q_{p,max} = q_{p,Referenz} \cdot 0,75 = 78,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 0,75 = 58,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ für das EFH und $q_{p,max} = q_{p,Referenz} \cdot 0,75 = 55,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 0,75 = 41,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ für das MFH.

Tafel 11: Für die Variationen betrachtetes frei stehendes Einfamilienhaus

| Gebäudedaten | EnEV-Anforderungsniveau 2016 |
|---|--|
| frei stehendes Einfamilienhaus | |
| Fensterflächenanteil Fassade Nord 15 %, Süd 35 %, Ost/West 25 % | $H'_T = 0,36 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $q_p = 58,8 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ |

| Gebäudegeometrie |
|--|
| $V_e = 459 \text{ m}^3$ $A_N = 147 \text{ m}^2$ |

| Anlagentechnik |
|---|
| Zentralheizung (Brennwertkessel 55/45 °C) mit solar unterstützter Trinkwassererwärmung Abluftanlage |

Tafel 12: Für die Variationen betrachtetes Mehrfamilienhaus

| Gebäudedaten | EnEV-Anforderungsniveau 2016 |
|--|---|
| Wohngebäude 3-geschossig (Zweispänner) | |
| Fensterflächenanteil je Fassade 25 % | $H'_T = 0,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $q_p = 41,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ |

| Gebäudegeometrie |
|--|
| $V_e = 4.158 \text{ m}^3$ $A_N = 1.331 \text{ m}^2$ |

| Anlagentechnik |
|---|
| Zentralheizung (Brennwertkessel 55/45 °C) mit solar unterstützter Trinkwassererwärmung Abluftanlage |

8.3.1 Bauliche Randbedingungen

Auf der baulichen Seite wird für den Ausgangsfall (Referenzausführung) 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 Berechnung 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 den Varianten 1 und 2 sowie 5 bis 7 für das EFH und das MFH 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.

8.3.2 Anlagentechnische Randbedingungen

Im Ausgangsfall (Referenzausführung) 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 K). Die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs erfolgt nach DIN V 4701-10.

8.3.3 Varianten

In Variante 1 wird das EnEV-Anforderungsniveau 2016 durch Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes (U-Werte und Wärmebrücken) gegenüber der Ausführung des Referenzgebäudes erreicht. Bei der Variante 2 wird auf eine Abluftanlage verzichtet. Hierdurch muss bei nach wie vor nachgewiesener Luftdichtheit der Luftwechsel auf 0,6 h⁻¹ angepasst werden. Variante 3 erfüllt das Anforderungsniveau durch einen verbesserten baulichen Wärmeschutz und den Einsatz einer Zu-/Abluftanlage mit 80 % Wärmerückge-

Tafel 13: Ausführungsbeispiele für das in Tafel 11 dargestellte Einfamilienhaus bei unterschiedlichen baulichen und anlagentechnischen Randbedingungen

| Variante | n | ΔU_{WB} | $U_{W/g}$ | U_{AW} | U_D | U_G | H'_T | e_p | q_e | q_p | Effizienzklasse | |
|-------------------------------------|--|-----------------|-----------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-----------------|--------------------|
| | | | | | | | | | | | | [h ⁻¹] |
| EnEV-Anforderungsniveau 2016 | | | | | | | | | | | | |
| 0 | Referenzausführung ($f_{p, Strom} = 1,8$) | 0,55 | 0,05 | 1,3/0,60 | 0,28 | 0,20 | 0,35 | 0,36 | 1,15 | 68,3 | 78,4 | |
| 1 | Verbesserter Wärmeschutz | 0,55 | 0,02 | 0,90/0,55 | 0,16 | 0,16 | 0,30 | 0,25 | 1,18 | 50,6 | 58,7 | B |
| 2 | Ohne Abluftanlage | 0,6 | 0,02 | 0,90/0,55 | 0,16 | 0,16 | 0,28 | 0,24 | 1,13 | 51,3 | 58,8 | B |
| 3 | Verbesserter Wärmeschutz und Lüftungsanlage mit WRG | 0,6 | 0,02 | 1,3/0,60 | 0,28 | 0,17 | 0,35 | 0,32 | 0,91 | 49,5 | 58,5 | A |
| 4 | Sole/Wasser-Wärmepumpe | 0,55 | 0,05 | 1,3/0,60 | 0,28 | 0,20 | 0,35 | 0,36 | 0,59 | 24,7 | 44,4 | A+ |
| 5 | EH 55 Luft/Wasser-Wärmepumpe | 0,55 | 0,02 | 0,90/0,55 | 0,16 | 0,16 | 0,35 | 0,252 | 0,66 | 18,9 | 34,0 | A+ |
| 6 | EH 40 Sole/Wasser-Wärmepumpe und Lüftungsanlage mit WRG | 0,6 | 0,02 | 0,90/0,55 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,194 | 0,70 | 16,7 | 30,1 | A+ |
| 7 | EH 40 Plus (2,2 kWp) Sole/Wasser-WP und Lüftungsanlage mit WRG | 0,6 | 0,02 | 0,90/0,55 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,194 | 0,70 | 7,9 | 14,3 | A+ |
| 8 | EH 55 (Nachweis nach Referenzwerten); Brennwertkessel, Solaranlage, Lüftungsanlage mit WRG | 0,6 | 0,035 | 0,90/0,55 | 0,2 | 0,14 | 0,25 | 0,253 | 0,87 | 39 | 46,9 | A |

Tafel 14: Ausführungsbeispiele für das in Tafel 12 dargestellte Mehrfamilienhaus bei unterschiedlichen baulichen und anlagentechnischen Randbedingungen

| Variante | n | ΔU_{WB} | $U_{W/g}$ | U_{AW} | U_D | U_G | H'_T | e_p | q_e | q_p | Effizienzklasse | |
|-------------------------------------|--|-----------------|-----------|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-----------------|--------------------|
| | | | | | | | | | | | | [h ⁻¹] |
| EnEV-Anforderungsniveau 2016 | | | | | | | | | | | | |
| 0 | Referenzausführung ($f_{p, Strom} = 1,8$) | 0,55 | 0,05 | 1,3/0,60 | 0,28 | 0,20 | 0,35 | 0,41 | 1,10 | 49,1 | 55,5 | |
| 1 | Verbesserter Wärmeschutz | 0,55 | 0,02 | 0,90/0,55 | 0,18 | 0,10 | 0,25 | 0,26 | 1,11 | 36,6 | 41,5 | A |
| 2 | Ohne Abluftanlage | 0,6 | 0,02 | 0,90/0,55 | 0,16 | 0,10 | 0,25 | 0,25 | 1,06 | 37,2 | 41,5 | A |
| 3 | Verbesserter Wärmeschutz und Lüftungsanlage mit WRG | 0,6 | 0,05 | 1,3/0,60 | 0,28 | 0,15 | 0,35 | 0,40 | 0,80 | 35,4 | 41,4 | A |
| 4 | Sole/Wasser-Wärmepumpe | 0,55 | 0,05 | 1,3/0,60 | 0,28 | 0,20 | 0,35 | 0,41 | 0,60 | 16,9 | 30,3 | A+ |
| 5 | EH 55 Luft/Wasser-Wärmepumpe | 0,55 | 0,02 | 0,90/0,55 | 0,20 | 0,16 | 0,30 | 0,288 | 0,74 | 16,4 | 29,6 | A+ |
| 6 | EH 40 Sole/Wasser-Wärmepumpe und Lüftungsanlage mit WRG | 0,6 | 0,02 | 0,90/0,55 | 0,12 | 0,10 | 0,15 | 0,224 | 0,56 | 11,2 | 20,2 | A+ |
| 7 | EH 40 Plus (24,5 kWp) Sole/Wasser-WP und Lüftungsanlage mit WRG | 0,6 | 0,02 | 0,90/0,55 | 0,12 | 0,10 | 0,15 | 0,224 | 0,56 | 4,1 | 7,4 | A+ |
| 8 | EH 55 (Nachweis nach Referenzwerten); Brennwertkessel, Solaranlage, Lüftungsanlage mit WRG | 0,6 | 0,035 | 0,90/0,55 | 0,2 | 0,14 | 0,25 | 0,288 | 0,74 | 26,4 | 31,5 | A+ |

winnung (WRG), DC-Ventilatoren, ohne Nachheizung. Bei Variante 4 wird der im Ausgangsfall eingesetzte Brennwertkessel durch eine Sole/Wasser-Wärmepumpe mit einer Spreizung von 35/28 °C ersetzt; dies gilt ebenfalls für die Variante 6. Als Wärmeübergabesystem wird für diesen Fall von einer Fußbodenheizung mit elektronischer Regelung ausgegangen.

Das Niveau „KfW-Effizienzhaus 55“ wird in Variante 5 unter Zugrundelegung einer Luft/Wasser-Wärmepumpe erzielt. Bei beiden Gebäuden werden in den Varianten 6, 7 und 8 (KfW-Effizienzhaus 40, 40 Plus und 55 vereinfachtes Verfahren) Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eingesetzt. Die Kriterien der KfW erfordern beim Effizienzhaus Plus einen Stromertrag von mindestens 500 kWh/a je Wohneinheit und 10 kWh/(m²·a) bezogen auf die Gebäudenutzfläche. Mit der Berechnung nach DIN V 18599 führt dies zu PV-Kollektorgößen von 2,2 kWp für das EFH und 24,5 kWp für das MFH.

8.3.4 Ergebnisse

Bei unveränderter Anlagentechnik gegenüber dem Ausgangsfall führt die Variante 1 dazu, dass mit dem sehr guten Wärmeschutz der Außenbauteile und der verbesserten Ausführung der Wärmebrücken die Anforderungen der EnEV mit dem Niveau 2016 eingehalten werden.

Der Verzicht auf eine Abluftanlage in Variante 2 verbessert durch den Wegfall des Strombedarfs der Abluftanlage die Anlagenaufwandszahl. Allerdings sind aufgrund des etwas höheren Luftwechsels geringfügige Verbesserungen des baulichen Wärmeschutzes erforderlich (beim EFH der untere Gebäudeabschluss; beim MFH die Außenwand), damit die EnEV-Anforderungswerte eingehalten werden.

Mit dem Einsatz der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wird gegenüber Variante 1 eine Entlastung im Bereich des baulichen Wärmeschutzes erreicht.

Bei Verwendung einer Sole/Wasser-Wärmepumpe in Variante 4 fließt ein Anteil regenerativer Wärmeerzeugung in die Bilanz ein. Dadurch kann ein hoher Anteil der Primärenergieumwandlungsverluste durch Nutzung regenerativer Energie kompensiert werden. So greift die Zusatzanforderung an den baulichen Wärmeschutz bei beiden Gebäuden, wonach für das Einfamilienhaus der H'_T -Wert von 0,36 W/(m²·K) und für das Mehrfamilienhaus der H'_T -Wert von 0,41 W/(m²·K) einzuhalten ist.

Die Einhaltung des Niveaus Effizienzhaus 55 ist bei beiden Gebäuden durch Einsatz einer Luft/Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit verbessertem baulichen Wärmeschutz möglich. Aufgrund der mit der Einführung des EnEV-Niveaus 2016 einhergehenden Absenkung des Primärenergiefaktors für Strom von 2,4 auf 1,8 resultieren auch bei Luft/Wasser-Wärmepumpen vergleichsweise geringe Primärenergiebedarfswerte. Als Anforderung greift daher, wie zuvor, die Zusatzanforderung an den baulichen Wärmeschutz H'_T .

Der Einsatz eines Wärmeerzeugers mit kleiner Anlagen-Aufwandszahl (Sole/Wasser-Wärmepumpe oder Pelletkessel) in Verbindung mit einer Lüftungsanlage mit WRG ist beim Niveau Effizienzhaus 40 praktisch unumgänglich. Beim Effizienzhaus 40 Plus ist der Einsatz einer stromproduzierenden Anlage obligatorisch. Meist wird hierfür eine Photovoltaikanlage zum Einsatz kommen, da kleine Windkraftanlagen vergleichsweise geringe Erträge aufweisen und baurechtlich oftmals problematisch umzusetzen sind. Aufgrund der Eigenstromerzeugung bietet sich als Wärmeversorgungssystem beim Effizienzhaus 40 Plus eine Wärmepumpe an. In Variante 7 folgt durch die Anrechnung des selbst erzeugten Stroms (§ 5 der EnEV) bei EFH rund eine Halbierung des End- und Primärenergiebedarfs. Beim MFH liegen die Reduktionen in der Größenordnung von rund 2/3.

Mit der Umstellung der KfW-Förderkriterien zum April 2016 wird ein alternativer Nachweis (Nachweis nach Referenzwerten) für das Effizienzhaus 55 eingeführt. Bei der Antragstellung kann auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden, wenn der bauliche Wärmeschutz, ausgedrückt durch die Einhaltung von Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle und Wärmebrückenkorrekturwerten, eine Mindestqualität aufweist. Zusätzlich muss eines von insgesamt sechs vorgegebenen Anlagenkonzepten umgesetzt werden. Eine Berechnung mit den Mindestqualitäten des baulichen Wärmeschutzes in Verbindung mit dem ersten der vorgegebenen Anlagenkonzepte (Brennwertanlage, solare Trinkwasserbereitung und Lüftungsanlage mit WRG) führt zu den Ergebnissen der Variante 8. Der spezifische Transmissionswärmeverlust H'_T liegt nahe bei dem Wert der Variante 5 (dem rechnerisch nachgewiesenen EH 55). Der Primärenergiebedarf würde die Anforderungswerte $q_{Pmax} = q_{PReferenz} \cdot 0,55 = 32,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ beim EFH und $q_{Pmax} = q_{PReferenz} \cdot 0,75 = 22,9$

kWh/(m²·a) beim MFH für die hier betrachtete Anlagenkonfiguration nicht einhalten.

Das EFH liegt beim Niveau der EnEV 2016 in der Variante 1 in der Effizienzklasse B. Der Einsatz der Sole/Wasser-Wärmepumpe (Variante 4) führt aufgrund des niedrigen Endenergiebedarfs zur Einstufung A+. Aufgrund der höheren Kompaktheit (kleineres A/V-Verhältnis) liegen die Endenergiebedarfswerte beim MFH niedriger als beim EFH; dementsprechend weist das MFH günstigere Effizienzklassen auf. Aus den Beispielrechnungen wird die Problematik der Klasseneinstufung deutlich: Das EFH liegt in der Variante 1 beim Endenergiebedarf um 0,6 kWh/(m²·a) oberhalb der Schwelle von 50 kWh/(m²·a) und wird in die Klasse B eingestuft, in der Variante 3 liegt der Endenergiebedarf um 0,5 kWh/(m²·a) unter dem Schwellenwert und dies führt zur Einstufung in die Klasse A.

9 PLANUNGS- UND AUSFÜHRUNGSEMPFEHLUNGEN

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

9.1 Einbeziehung baulicher und anlagentechnischer Randbedingungen im frühen 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 anteilige Wärmeverlust über Wärmebrücken zunimmt, wird im Nachweisverfahren der EnEV berücksichtigt. Bei der Berechnung der Transmissionswärmeverluste werden die Wärmebrückeneffekte über Wärmebrückenkorrekturwerte ΔU_{WB} erfasst. Im Referenzgebäude 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 8 zeigt, lassen sich mit der detaillierten Planung erhebliche Verbesserungen erreichen. Als Planungshilfsmittel können hierbei Wärmebrückenkataloge, z.B. [22] und [23] herangezogen werden, in denen die Empfehlungen gemäß DIN 4108, Beiblatt 2 und weitere Details aufgenommen sind.

Die Kalksandsteinindustrie bietet mit dem KS Online-Wärmebrückenkatalog ein einfaches Hilfsmittel zur detaillierten Ermittlung und Bewertung von Wärmebrücken an. Er kann kostenlos auf www.ks-waermebruecken.de aufgerufen werden.

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 rund 300 € für ein Einfamilienhaus und ab rund 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

auch künftig 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.

Bei Mauerwerk wird eine dauerhafte Luftdichtheit durch den Innenputz hergestellt.

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 Wär-

Tafel 15: Ausführungsvarianten anlagentechnischer Maßnahmen beim EFH gemäß Tafel 11

| Varianten | q_p [kWh/(m ² ·a)] | | Differenz [%] | 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) | 75,8 | 83,4 | 10 | | |
| BW+Solar (Niveau EnEV 2016) | 58,7 | 69,9 | 19 | -23 | -16 |
| BW+WLA | 62,5 | 69,9 | 12 | -18 | -16 |
| BW+Solar+WLA | 45,5 | 60,1 | 32 | -40 | -28 |
| Sole/Wasser-WP | 36,9 | 40,6 | 10 | -51 | -51 |

Tafel 16: Ausführungsvarianten anlagentechnischer Maßnahmen beim MFH gemäß Tafel 12

| Varianten | q_p [kWh/(m ² ·a)] | | Differenz [%] | 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) | 52,7 | 59,6 | 13 | | |
| BW+Solar (Niveau EnEV 2016) | 41,5 | 52,5 | 27 | -21 | -12 |
| BW+WLA | 39,8 | 48,2 | 21 | -24 | -19 |
| BW+Solar+WLA | 28,6 | 41,6 | 45 | -46 | -30 |
| Sole/Wasser-WP | 24,8 | 31,9 | 29 | -53 | -46 |

meerzeuger – 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 und DIN V 18599 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 – eine praktische Lösungsmöglichkeit. In Gebäuden, die das Niveau der KfW-Spitzenförderung erzielen (Effizienzhaus 40), wird als Wärmeerzeuger in der Regel ein auf erneuerbaren Energien basierendes System (Wärmepumpe oder Biomasse-Wärmeerzeuger) Verwendung finden.

9.5 Nachweisverfahren

Als Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs können für Wohngebäude wie im Rahmen der EnEV 2009 die Normen DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 oder alternativ DIN V 18599 Anwendung finden.

Im Weiteren sind einige Berechnungsergebnisse der beiden Nachweisverfahren für zwei Modellgebäude gemäß Tafel 11 und Tafel 12 aufgeführt.

Die Tafeln 15 und 16 zeigen, dass die betrachteten anlagentechnischen Maßnahmen in den verschiedenen Rechenverfahren unterschiedliche Ergebnisse hervorrufen. In den Tabellen ist ein Grundfall „BW“ (Heizung und Trinkwarmwasserbereitung erfolgt über einen Brennwärtekessel) dargestellt, bei dem der bauliche Wärmeschutz dem Referenzgebäude der EnEV 2014 entspricht, sowie jeweils vier Varianten. Neben dem Absolutwert des Jahres-Primärenergiebedarfs in [kWh/(m²·a)] für beide Verfahren ist die prozentuale Ab-

weichung 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 Brennwärtekessel 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 ungünstiger bewertet als bei der DIN V 4701-10.
- Die Kombination der zuvor genannten Maßnahmen „BW+Solar+WLA“ führt bei beiden Gebäuden aufgrund der Überlagerung der Einzelmaßnahmen zu deutlichen Abweichungen zwischen den Ergebnissen.
- 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 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 die Bewertungen des Einsatzes von Wärmepumpen zu ähnlichen Ergebnissen führen.

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.

10 DIE EnEV FÜR NICHTWOHNGBÄUDE

10.1 Anforderungen

Die Anforderungen an neu zu errichtende Nichtwohngebäude werden, wie auch in der EnEV 2009, 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 gemäß den Vorgaben in der EnEV 2009 für die EnEV 2014 übernommen. Wie auch bei Wohngebäuden wird ab dem 1. Januar 2016 das neue Anforderungsniveau wirksam, bei dem der zulässige Primärenergiebedarf um 25 % unterhalb des 2014-Niveaus liegt. Grundlegende Informationen zur Fortschreibung der Verordnung und des damit verbundenen Anforderungsniveaus von Nichtwohngebäuden sind dem 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 2014 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 [8]. Die Berechnungen erlauben die Beurteilung aller Energiemengen, die zur bestimmungsgemäßen Heizung, Warmwasserbereitung, raum-

lufttechnischen 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 elf 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 Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen 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 stromproduzierenden Anlagen
- Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten
- Teil 11: Gebäudeautomation

Im Teil 1 sind die Bilanzierungsregeln beschrieben und die Schnittstellen zu den anderen Teilen der Norm definiert. Darüber hinaus sind hier 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

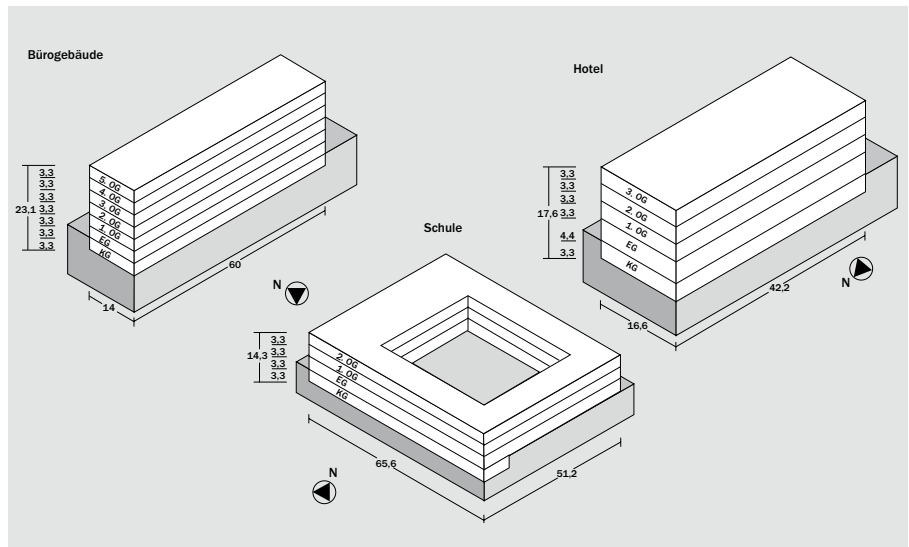


Bild 19: Bürogebäude, Schule und Hotel für die Beispielrechnung

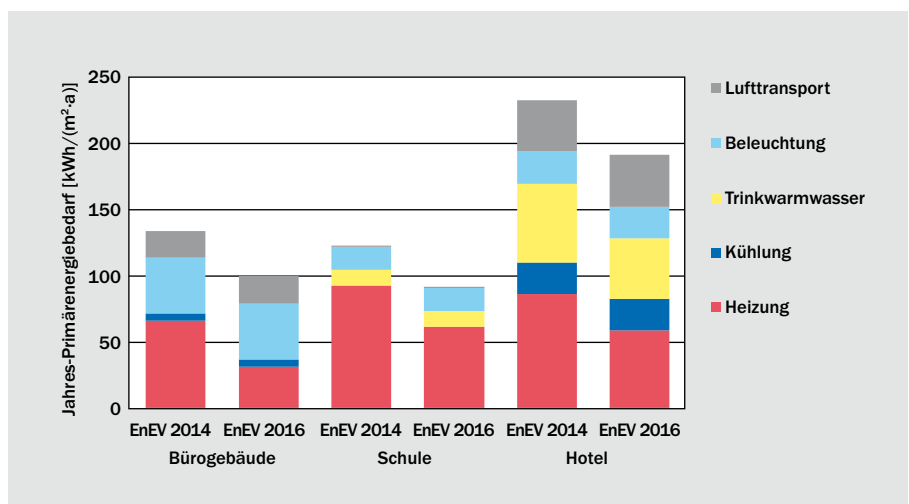


Bild 20: Jahres-Primärenergiebedarf für die Beispielgebäude mit zugrunde gelegter Referenz-Bau- und Anlagentechnik

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 Gebäu-

den finden sich im Teil 10 sowohl als standardisierte Nutzungsprofile für die Erstellung des Energieausweises als auch als typische Bandbreiten für die Energieberatung [36].

Teil 11 stellt den Einfluss der Steuerung und Regelung sowie der Raum- und Gebäudeautomation einschließlich des technischen (energetischen) Gebäudemanagements auf den Energiebedarf eines Gebäudes im Betrieb dar.

10.3 Beispiele

Für die Beispielgebäude in Bild 19 – ein Bürogebäude, eine Schule und ein Hotel – wird der aus den Referenzanforderungen der Energieeinsparverordnung 2014 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 gemäß 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 ($g_{tot} = 0,06$); schwere Ausführung; zentrale Warmwasserbereitung; Zonen mit freier Lüftung ca. 95 % der Gesamtfläche; Zonen mit Lüftungsanlage ca. 5 % der Gesamtfläche (Labor, WC und Duschräume).
- 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 20 grafisch wiedergegeben. Hierbei sind die Niveaus der EnEV 2014 und 2016 berücksichtigt.

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 für das Niveau 2016 erforderlichen Verbesserungen, die jeweils insgesamt zu einer Reduktion des Jahres-Primärenergiebedarfs von 25 % führen, werden beispielsweise durch den Einsatz einer kombinierten Wärmeversorgung aus einem

Gas-Brennwert- und einem Pellet-System erreicht. Die Aufteilung der Deckungsanteile der Systeme geschieht wie folgt:

- Bürogebäude
Heizung: 80 % Pellet,
20 % Gas-Brennwert
- Schule
Heizung: 62 % Pellet,
38 % Gas-Brennwert
- Hotel
Heizung: 70 % Pellet,
30 % Gas-Brennwert
Trinkwarmwasser: 57 % Pellet,
43 % Gas-Brennwert

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 bei Wohngebäuden (Ein-Zonen-Gebäude). 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 „Ein-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)“, „Turnhallen“, „Gebäude des Groß- und Einzelhandels bis 1.000 m² NGF“, „Gewerbebetriebe bis 1.000 m² NGF“ und „Bibliotheken“. 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 zulässige Jahres-Primärenergiebedarf gegenüber der Berechnung des Referenzgebäudes um 10 % geringer anzusetzen. Der reduzierte Wert ist der Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarfs des zu errichtenden Gebäudes.

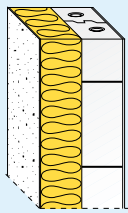
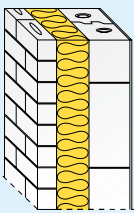
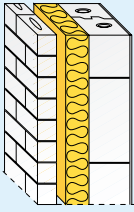
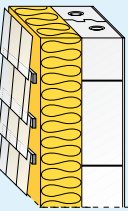
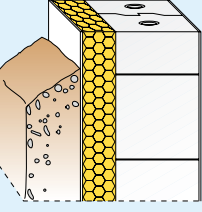
11 AUSBLICK NIEDRIGSTENERGIEGEBÄUDE

Wie bereits einleitend geschildert, basieren eine Reihe von Neuerungen in der EnEV 2014 auf den Anforderungen, die in der EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) [32] formuliert sind. Eine weitere Forderung der Richtlinie ist bislang nur im Energieeinsparungsgesetz von 2013 aufgenommen. Diese besagt, dass nach dem 31. Dezember 2020 errichtete Gebäude als Niedrigstenergiegebäude zu gestalten sind. Diese Pflicht gilt für zu errichtende Nichtwohngebäude, die im Eigentum von Behörden stehen und von Behörden genutzt werden sollen, bereits nach dem 31. Dezember 2018. Ein Niedrigstenergiegebäude ist gemäß der EU-Richtlinie ein Gebäude, das eine sehr gute Gesamtenergieeffizienz aufweist; der Energiebedarf des Gebäudes muss sehr gering sein und soll, soweit möglich, zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden.

In einer kommenden Energieeinsparverordnung werden die Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Niedrigstenergiegebäuden geregelt, denen künftige Neubauten genügen müssen. Mit Blick auf die zuvor genannten Daten der Umsetzung des Niedrigstenergiegebäudes müssen EnEV-Novellen vor dem 1. Januar 2017 bzw. vor dem 1. Januar 2019 erlassen werden.

Es ist davon auszugehen, dass ein Anforderungsniveau für Wohngebäude nach 2020 in etwa eine energetische Qualität von Gebäudehülle und Anlagentechnik aufweisen wird, welches dem heutigen KfW-Effizienzhaus 55 entspricht. Zusätzlich werden insbesondere PV-Anlagen und solarthermische Anlagen für die Bereitstellung von Energie aus erneuerbaren Quellen zum Einsatz kommen.

Tafel 17: U-Werte von KS-Außenwänden

| | Dicke des Systems [cm] | Dicke der Dämmschicht [cm] | U [W/(m ² ·K)] | | | | Wandaufbau |
|---|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|---|
| | | | λ [W/(m·K)] | | | | |
| | | | 0,022 | 0,024 | 0,032 | 0,035 | |
|  | 29,5 | 10 | 0,20 | 0,22 | 0,29 | 0,31 | Einschalige KS-Außenwand mit Wärmedämm-Verbundsystem 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm Kalksandsteinwand, RDK 1,8 ¹⁾ Wärmedämmstoff nach Zulassung ~ 1 cm Außenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) |
| | 34,5 | 15 | 0,14 | 0,15 | 0,20 | 0,22 | |
| | 39,5 | 20 | 0,11 | 0,11 | 0,15 | 0,16 | |
| | 44,5 | 25 | 0,09 | 0,09 | 0,12 | 0,13 | |
| | 49,5 | 30 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,11 | |
|  | 41,0 | 10 | 0,19 | 0,21 | 0,27 | 0,29 | Zweischalige KS-Außenwand mit Wärmedämmung 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm Kalksandsteinwand, RDK 1,8 ¹⁾ Wärmedämmung Typ WZ nach DIN 4108-10 1 cm Fingerspalt, R = 0,15 (m ² ·K)/W 11,5 cm ³⁾ KS-Verblendschale (KS Vb RDK 2,0) ¹⁾ |
| | 43,0 | 12 | 0,16 | 0,18 | 0,23 | 0,25 | |
| | 45,0 | 14 | 0,14 | 0,16 | 0,20 | 0,22 | |
| | 47,0 | 16 ²⁾ | 0,13 | 0,14 | 0,18 | 0,19 | |
| | 49,0 | 18 ²⁾ | 0,11 | 0,12 | 0,16 | 0,17 | |
| | 51,0 | 20 ²⁾ | 0,10 | 0,11 | 0,15 | 0,16 | |
|  | 44,0 | 10 | 0,20 | 0,22 | 0,28 | 0,30 | Zweischalige KS-Außenwand mit Wärmedämmung und Luftschicht 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm Kalksandsteinwand (tragende Wand), RDK 1,8 ¹⁾ Wärmedämmstoff Typ WZ nach DIN 4108-10 Luftschicht ≥ 4 cm nach DIN EN 1996-2/NA (Mörtel auf einer Hohlraumseite abgestrichen) 11,5 cm ³⁾ KS-Verblendschale (KS Vb RDK 2,0) ¹⁾ |
| | 46,0 | 12 ²⁾ | 0,17 | 0,18 | 0,24 | 0,26 | |
|  | 31,5 | 10 | – | – | 0,28 | 0,30 | Einschalige KS-Außenwand mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm Kalksandsteinwand, RDK 1,8 ¹⁾ Nichtbrennbarer Wärmedämmstoff Typ WAB nach DIN 4108-10 2 cm Hinterlüftung Fassadenbekleidung (Dicke nach Art der Bekleidung) |
| | 33,5 | 12 | – | – | 0,24 | 0,26 | |
| | 37,5 | 16 | – | – | 0,18 | 0,20 | |
| | 41,5 | 20 | – | – | 0,15 | 0,16 | |
| | 46,5 | 25 | – | – | 0,12 | 0,13 | |
| | 51,5 | 30 | – | – | 0,10 | 0,11 | |
|  | 52,5 | 10 | – | – | – | 0,34 | Einschaliges KS-Kellermauerwerk mit außen liegender Wärmedämmung (Perimeterdämmung) 36,5 cm Kalksandsteinwand, RDK 1,8 ¹⁾ Perimeterdämmplatten ⁴⁾ nach Zulassung oder Typ PW nach DIN 4108-10 Abdichtung |
| | 57,5 | 15 | – | – | – | 0,25 | |
| | 62,5 | 20 | – | – | – | 0,20 | |
| | 67,5 | 25 | – | – | – | 0,17 | |
| | 52,5 | 10 | – | – | – | 0,32 | Einschaliges KS-Kellermauerwerk mit außen liegender Wärmedämmung (Perimeterdämmung) 36,5 cm Kalksandsteinwand, RDK 1,4 ¹⁾ Perimeterdämmplatten ⁴⁾ nach Zulassung oder Typ PW nach DIN 4108-10 Abdichtung |
| | 57,5 | 15 | – | – | – | 0,24 | |
| | 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⁾ Bei anderen Dicken oder Steinrohrichteklassen ergeben sich nur geringfügig andere U-Werte.

²⁾ Bei Verwendung von bauaufsichtlich zugelassenen Ankern mit Schalenabstand ≤ 20 cm

³⁾ 9 cm möglich, nach DIN EN 1996-2/NA

⁴⁾ Der Zuschlag ΔU = 0,04 W/(m·K) nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen ist bereits berücksichtigt.

Tafel 18: Empfehlungen und Ausführungsbeispiele zum Bau von KfW-Effizienzhäusern für Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser

| | KfW Effizienzhaus 55 | KfW Effizienzhaus 55 (Nachweis nach Referenzwerten) ¹⁾ | KfW Effizienzhaus 40 / KfW Effizienzhaus 40 Plus ²⁾ | |
|--|--|--|--|--|
| Kalksandstein-Außenwand mit WDVS | $U \leq 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Dämmung: $d = 20 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Dämmung: $d = 16 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Dämmung: $d = 28 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Dämmung: $d = 20 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ |
| Zweischalige Kalksandstein-Außenwand mit Kerndämmung | Dämmung: $d = 14 \text{ cm}$, $\lambda = 0,024 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ oder $d = 18 \text{ cm}$, $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | Dämmung: $d = 14 \text{ cm}$, $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ oder $d = 16 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | Dämmung: $d = 20 \text{ cm}$, $\lambda = 0,024 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | Dämmung, $d = 20 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ |
| Bodenplatte / Decke zum unbeheiztem Keller, Dämmung unter Estrich | $U \leq 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Dämmung: $d = 16 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Dämmung: $d = 15 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Dämmung: $d = 25 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | |
| Kalksandstein-Kellerwand mit Perimeterdämmung | $U \leq 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, Dämmung: $d = 16 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Dämmung: $d = 15 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Dämmung: $d = 25 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | |
| Dach | $U \leq 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Zwischensparrendämmung $d = 24 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und Untersparrendämmung $d = 3 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Zwischensparrendämmung $d = 24 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und Untersparrendämmung $d = 6 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ Zwischensparrendämmung $d = 24 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und Untersparrendämmung $d = 12 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | |
| Oberste Geschossdecke | $U \leq 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | $U \leq 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | |
| Dämmung auf Stahlbetondecke | Dämmung: $d = 24 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | Dämmung: $d = 24 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | Dämmung: $d = 30 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | |
| Kehlbalkenlage | Aufsparrendämmung $d = 10 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und Zwischensparrendämmung $d = 18 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | Aufsparrendämmung $d = 10 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und Zwischensparrendämmung $d = 18 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | Aufsparrendämmung $d = 16 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ und Zwischensparrendämmung $d = 18 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | |
| Fenster dreifach Wärmeschutzglas | $U_w \leq 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ / $g \geq 0,55$ | $U_w \leq 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ / $g \geq 0,55$ | $U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ / $g \geq 0,55$ | |
| Wärmebrücken mit detailliertem Nachweis | $\Delta U_{WB} \leq 0,025 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | $\Delta U_{WB} \leq 0,035 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | $\Delta U_{WB} \leq 0,025 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | $\Delta U_{WB} \leq 0,01 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ optimierte Details |
| Luftdichtheit mit Nachweis der Luftdichtheit | $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ | $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ | $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ | |
| Anlagenvarianten | Brennwertkessel mit solarer Trinkwarmwasser-Unterstützung und Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung oder Wärmepumpe (Luft/Wasser) oder (Erdreich/Wasser) mit solarer Trinkwarmwasser-Unterstützung oder Wärmepumpe (Erdreich/Wasser) mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung | Brennwertkessel, solare Trinkwarmwasser-Bereitung (Standardwerte nach DIN V 4701-10), zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Wärmerückgewinnungsgrad > 80 %) oder Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Flächenheizsystem zur Wärmeübergabe, zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Wärmerückgewinnungsgrad > 80 %) | Wärmepumpe (Luft/Wasser) mit solarer Trinkwarmwasser-Unterstützung und Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung oder Wärmepumpe (Erdreich/Wasser) mit solarer Trinkwarmwasser-Unterstützung und Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung | |

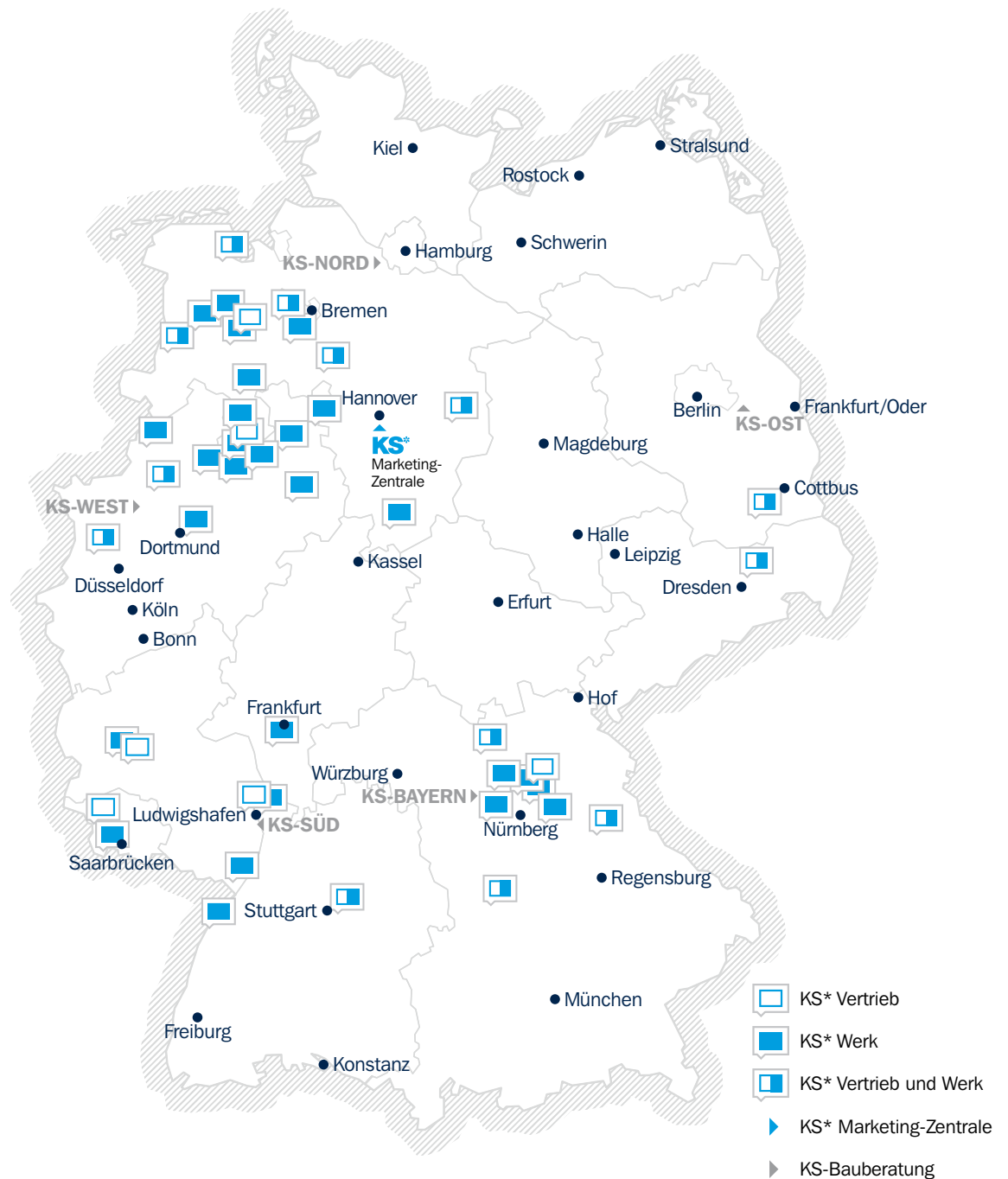
¹⁾ Beim „Nachweis nach Referenzwerten“ ist für die energetische Anlagentechnik eines von acht Anlagenkonzepten obligatorisch umzusetzen. Die in der Tabelle aufgeführten Systeme sind exemplarisch genannt. Weitere Angaben sind in der Anlage zum Merkblatt für das Programm Energieeffizient Bauen (153) der KfW zu finden.

²⁾ Das Effizienzhaus 40 Plus erfüllt die Anforderungen an ein KfW-Effizienzhaus 40 und verfügt über eine stromerzeugende Anlage auf Basis erneuerbarer Energien, einen Stromspeicher, eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und eine Visualisierung von Stromerzeugung und Stromverbrauch über ein entsprechendes Benutzerinterface.

LITERATUR

- [1] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2013, Teil I, Nr. 67, Bundesanzeiger Verlag, 21. November 2013, S. 3951–3990
- [2] Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) vom 7. August 2008, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2011, Teil I, Nr. 17, 15. April 2011, S. 619–635
- [3] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, 29.04.2009, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2009, Teil I, Nr. 23., Bundesanzeiger Verlag, 30. April 2009, S. 954–989
- [4] DIN V 4108-6:2003-06 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Berechnung des Jahres-Heizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
- [5] DIN V 4701-10 Beiblatt 1:2007-02 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Beiblatt 1: Anlagenbeispiele
- [6] DIN V 4701-10:2003-08 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung
- [7] DIN V 4701-10:2006-12, Änderungsblatt A1 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung
- [8] DIN V 18599:2011-12: Energetische Bewertung von Gebäuden. Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.
- [9] Statistisches Bundesamt Deutschland: Verbraucherpreisindizes, August 2015 (www.destatis.de)
- [10] BMWi: Zahlen und Fakten Energiedaten; August 2015 (www.bmwi.de)
- [11] Statistisches Bundesamt Deutschland: Zahlen und Fakten, August 2015 (www.destatis.de)
- [12] 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
- [13] 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
- [14] DIN 4108-7:2011-01 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele
- [15] DIN 4108-2:2013-02 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [16] DIN EN 410:2011-04: Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen. Deutsche Fassung EN 410:2011
- [17] Fux, V., Hochschule für Technik, Stuttgart: Thermische Gebäudesimulation zum sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013, Bericht 2013
- [18] DIN 4108 Beiblatt 2:2006-03: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden: Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele
- [19] Hauser, G.; Stiegel, H.: Wärmebrücken-Atlas für den Mauerwerksbau. Bauverlag, Wiesbaden 1990, 2. durchgesehene Auflage 1993
- [20] Hauser, G.; Stiegel, H.: Wärmebrücken-Atlas für den Holzbau. Bauverlag, Wiesbaden 1992
- [21] Hauser, G.; Schulze, H.; Stiegel, H.: Wärmetechnische Optimierung von Anschlussdetails bei Niedrigenergiehäusern und Erarbeitung von Standardlösungen. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 1996
- [22] Hauser, G.; Stiegel, H.; Haupt, W.: Wärmebrücken-katalog auf CD-ROM. Ingenieurbüro Hauser, Baunatal 1998
- [23] KS Online-Wärmebrücken-katalog unter www.ks-waermebruecken.de
- [24] DIN EN 13829:2001-02 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden, Differenzdruckverfahren
- [25] Auslegungsfragen zur Energieeinsparverordnung (EnEV), www.dibt.de
- [26] DIN EN ISO 13786:2008-04 Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamisch-thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren
- [27] 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
- [28] 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
- [29] 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
- [30] Hauser, G.; Otto, F.: Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit auf Heizwärmebedarf und sommerliches Wärmeverhalten. db 134 (2000), H. 4, S. 113–118
- [31] Hauser, G.; Otto, F.: Wärmespeicherfähigkeit und Jahresheizwärmebedarf. Mikado (1997), H. 4, S. 18–22
- [32] DIN EN ISO 6946:2008-04 Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (ISO 6946:2007); Deutsche Fassung EN ISO 6946:2007
- [33] DIN EN ISO 10077-1:2006-12 Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, Teil 1: Allgemeines
- [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., Oschatz, B., Schiller, H.: Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 – Anforderungsmethodik, Regelwerk und Wirtschaftlichkeit. Forschungsprojekt im Auftrag des BBR, BMVBS-Online-Publikation, Nr. 05/2012, 2012 (www.bbsr.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
- [37] Europäische Union: Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD). Amtsblatt der Europäischen Union, 53. Jahrgang, 18. Juni 2010, S. 13–35

Keine Sorgen. – Mit den KS* Partnern in Ihrer Nähe:



Stand: 2016

Ganz gleich ob Fachmann oder Bauherr: Wir sind jederzeit persönlich für Sie da! Und das gilt von Anfang an: KS* bietet Ihnen deutschlandweit persönliche Ansprechpartner. In Ihrer Nähe! – Finden auch Sie Ihren KS* Berater sowie detaillierte Informationen rund um den Wandbaustoff Kalksandstein auf www.ks-original.de

* KEINE SORGEN.

Der Kalksandstein
KS*

Keine Sorgen. – Mit dem KS* Partner in Ihrer Nähe:

Finden Sie Ihren persönlichen
KS* Berater sowie detaillierte
Informationen rund um den Wandbaustoff
Kalksandstein auf www.ks-original.de



KS-ORIGINAL GMBH
Entenfangweg 15
30419 Hannover

Tel.: +49 511 27953-0
Fax: +49 511 27953-31
info@ks-original.de
www.ks-original.de



Einfach einscannen und
Fachinformationen entdecken.

KS-946-16/01-5-170