

KALKSANDSTEIN

Energieeinsparverordnung 2014

Vorwort	3
1. Die Energieeinsparverordnung 2014 – 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	9
4.1 Einführung	9
4.2 Begriffe	11
4.3 Haupt-Anforderungsgröße Primärenergiebedarf	11
4.4 Übersicht über Anforderungen	11
4.5 Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren	12
4.6 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz	12
4.7 EnEV-easy	13
5. Anforderungen für Wohngebäude im Detail	13
5.1 Jahres-Primärenergiebedarf und spezifischer Transmissionswärmeverlust	13
5.2 Sommerlicher Wärmeschutz	14
5.3 Heizungstechnische Anlagen, Warmwasseranlagen und Wärmeverteilung, Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien	15
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	21
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	45
Infokästen	
Nachweisführung nach Gebäudetypen	6
Passive Solarenergiegewinne	18
Wärmespeicherfähigkeit – prinzipielle Effekte	21
Anlagentechnische Einflussgrößen	25

KALKSANDSTEIN
Energieeinsparverordnung 2014
Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV
Entenfangweg 15, 30419 Hannover,
Telefon 0511/2 79 54-0

Stand: Mai 2014

Autoren:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Anton Maas, Universität Kassel
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser,
Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Kassel

Redaktion:
Dipl.-Ing. Marcus Freundt, Osnabrück
M.Sc. Dipl.-Ing. Markus Heße, Duisburg
Dipl. Wirtsch.-Ing. Olga Pekrul, Hannover
Dr.-Ing. Martin Schäfers, Hannover
Dipl.-Ing. Peter Schmid, Röthenbach

BV-946-14/05

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

Nach langem und zähem Ringen um Details ist die neue Energieeinsparverordnung (EnEV) verabschiedet worden. Sie tritt am 1. Mai 2014 in Kraft, wobei die heiß diskutierte Verschärfung der Anforderungen an neue Gebäude erst ab 1. Januar 2016 einzuhalten sind. Entscheidend ist hier das Datum des Bauantrags. Die EnEV 2014 setzt die neu gefasste EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden um und bringt die Energiewende in Deutschland voran.

Was für die Einen als abgeschlossen gilt, bedeutet für die Anderen eine neue Herausforderung. Die Akteure am Markt müssen sich nun mit den geänderten Inhalten der Verordnung auseinandersetzen und dem Regelwerk durch die praktische Anwendung „Leben einhauchen“. 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.

Zusätzlich zu den Veränderungen im Verordnungswerk wird die Unsicherheit aller am Bauen Beteiligten noch durch die weitgehend negative Berichterstattung von WDVS in den Medien gesteigert. Hier reicht die gesamte Palette unsachgemäßer Kritik von angeblich nicht gegebener Energieeffizienzsteigerung durch Dämmung über Bauschäden durch Dämmmaßnahmen und Brandbeschleunigung durch WDVS aus Polystyrol bis hin zu architektonisch fragwürdigen Sanierungsprojekten. Zusammengefasst führen diese Punkte und Veränderungen zu einer erheblichen Verunsicherung bei interessierten Bauherren und sanierungswilligen Hauseigentümern.

Natürlich ist es quotenwirksamer, wenn über vereinzelte spektakuläre Schäden, Brände und sonstige sogenannte Katastrophen berichtet wird, anstatt über die zahlreichen hocheffizienten Neubauten und erfolgreich sanierten Gebäude zu sprechen. Es ist einfacher, mit sensationellen Bildern von vollkommen verschimmelten Wohnungen oder brennenden Fassaden aufzumachen, anstatt über die komplexen bauphysikalischen Zusammenhänge zu informieren oder über die unzähligen Studien an ausgeführten Objekten wissenschaftlich hoch angesehener Experten zu berichten. Sie würden das Gegenteil belegen.

Da die Energie am umweltfreundlichsten ist, die gar nicht erst verbraucht wird, hat die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept angekündigt, den Energiebedarf der Häuser bis zum Jahr 2050 um rund 80 % reduzieren zu wollen. Die Bundesregierung bezeichnet die Steigerung der Energieeffizienz als Schlüssel der Energiewende. So lassen sich z.B. 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 99 TWh im Jahr 2012 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. Wir müssen aufhören hinzunehmen, dass eine kleine Schar von Journalisten, Gutachtern und Selbstdarstellern die gesellschaftlich so wichtige Energiewende durch ihre unsachlichen Argumente und polemische Wortwahl an den Pranger stellt.

Gebäude, die derzeit neu errichtet werden, sollen 50 bis 100 Jahre halten. Die nächsten Maßnahmen an den Außenbauteilen werden in 25 bis 50 Jahren notwendig. Bis dahin werden keine Veränderungen an den Gebäuden vorgenommen. Damit wir uns in Deutschland nicht umgehend den nächsten energetischen Sanierungsstau bauen, wurde die Messlatte für die Qualität der Außenbauteile von der Bundesregierung 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.

Die Potenziale, die durch die Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden erschlossen werden können, werden bei der Betrachtung des Einflusses der seit 1978 in Deutschland geltenden Verordnungen zum energiesparenden Bauen deutlich. Die energetische Qualität der Gebäude hat seit Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung Ende der 1970er Jahre deutlich zugenommen und ist inzwischen etwa viermal so gut wie die von Vorkriegsbauten. Hätte man z.B. alle seitdem gebauten Wohngebäude ohne baulichen Wärmeschutz (d.h. auf dem energetischen Standard vor der ersten Wärmeschutzverordnung) neu errichtet, 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 ca. 2.500 TWh/a sind dies 6,7 %. Oder anders ausgedrückt: Die Einführung der damals ebenfalls stark umstrittenen Wärmeschutzverordnung 1978 mit ihren entsprechenden Anpassungen 1984 und 1995 bzw. 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 Mio. Tonnen CO₂ über die Schornsteine dieser Republik mehr emittiert werden. Dies wird bedauerlicherweise nie kommuniziert.

Es bleibt also 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.

Diese Effekte sind natürlich nicht zum Nulltarif zu haben, sondern erfordern erhebliche Investitionen, die aber im Gegenzug zu einer langfristig gesicherten Energie- und Kostenersparnis führen. Die Umsetzung dieser Strategie erfordert geeignete und verlässliche rechtliche Rahmenbedingungen, Zeit und Geld. Neben wirtschaftlichen Aspekten muss jedoch auch immer wieder betont werden, dass ein hoher energetischer Standard der Gebäudehülle für den Bewohner des Gebäudes erhebliche Vorteile bringt. Neben einer Reduzierung feuchtebedingter Bauschäden wird die thermische Behaglichkeit im Winter, aber auch im Sommer nachweislich erhöht. Besonders vorteilhaft sind in diesem Zusammenhang Außenwandkonstruktionen mit außen liegenden Wärmedämmschichten und innen liegenden wärmespeicherfähigen Schichten wie z.B. Kalksandstein, da diese hohe Schwankungen der Außentemperatur im Sommer ausgleichen und eine optimale Nutzung solarer Einträge im Winter ermöglichen.

Durch die konsequente Funktionstrennung der Bauteilschichten weisen Außenwandkonstruktionen mit Kalksandstein zusätzlich die Eigenschaft auf, dass sowohl ein sehr hoher baulicher Wärmeschutz als auch – aufgrund der raumseitigen Mauerwerkskonstruktion hoher Rohdichte – ein hervorragender Schallschutz und eine hohe Tragfähigkeit problemlos realisiert werden können. Weiterhin kann der Einfluss von Wärmebrücken unter Verwendung vorliegender Standard-Details auf ein Minimum reduziert werden.

Fakt ist also: Gedämmte Konstruktionen sind ein unverzichtbarer Bestandteil einer zeitgemäßen und zukunftsorientierten Bauweise, bei fachgerechter Durchführung sowohl ohne Probleme als auch ohne zu erwartende Mängel umsetzbar und leisten einen nicht unerheblichen Beitrag zur Energiewende.



Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm
Geschäftsführender Institutsleiter FIW 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] tritt 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 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 wird 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. Ab 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) bleibt bis Ende 2015 unverändert. Ab 2016 wird für Wohngebäude ein neuer Ansatz für die Vorgabe der Anforderungen eingeführt. Dieses orientiert sich an der Methode, die bereits jetzt von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) im Rahmen von Fördermaßnahmen

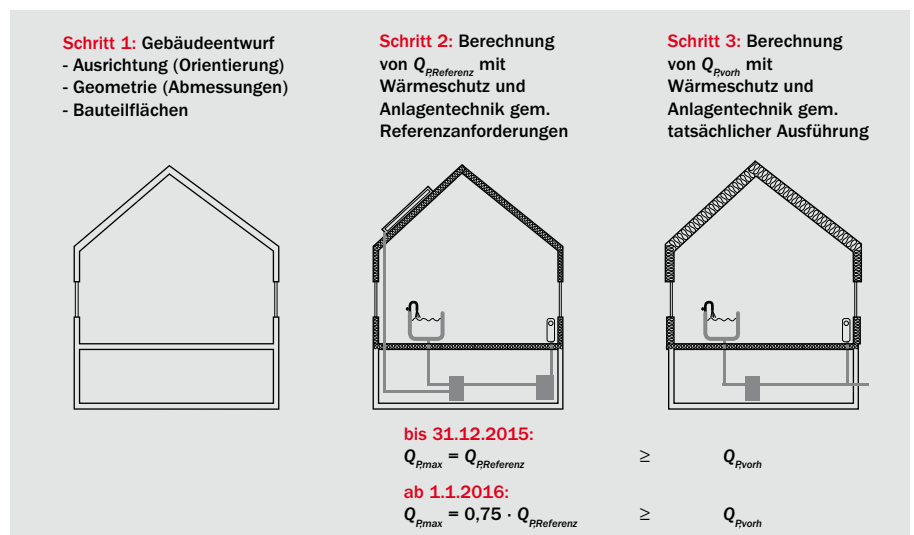


Bild 1: Das Referenzgebäudeverfahren – Schritte im Nachweisverfahren für die Anforderungsniveaus 2014 und 2016

Tafel 1: Anforderungen und Nachweismethodik für Wohn- und Nichtwohngebäude

Inhalte	EnEV 2009	EnEV 2014
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.



verwendet wird. Analog zum Verfahren der Bestimmung des maximal zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfs resultiert künftig der Maximalwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts aus der baulichen Qualität des Referenzgebäudes. Dieser Schritt war notwendig und sinnvoll, da mit 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 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 weiterhin mit der Energieeinsparverordnung weiter ausschöpfen und erhofft sich weitere drastische Minderungen durch deren Fortschreibung.

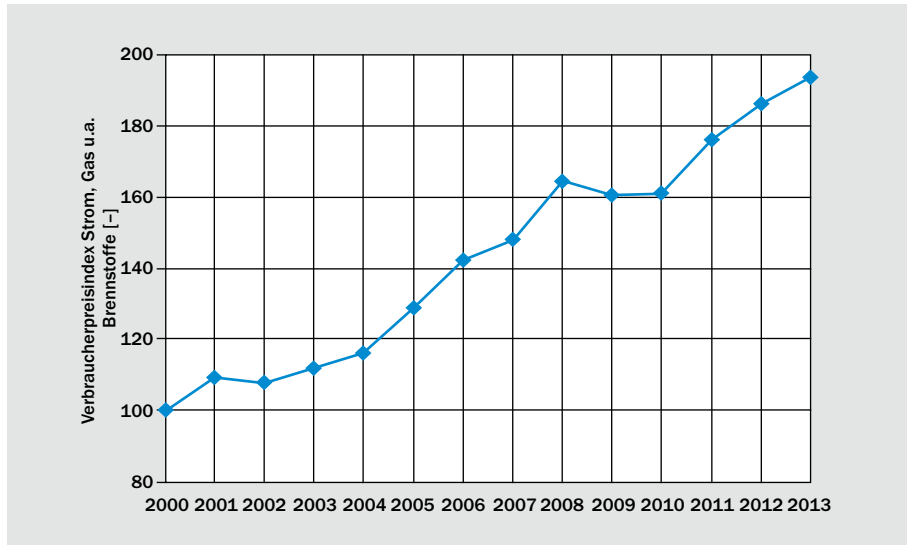


Bild 2: Entwicklung der Kosten für Strom, Gas u.a. Brennstoffe nach [9]. Dargestellt ist der Verbraucherpreisindex bezogen auf das Basisjahr 2000.

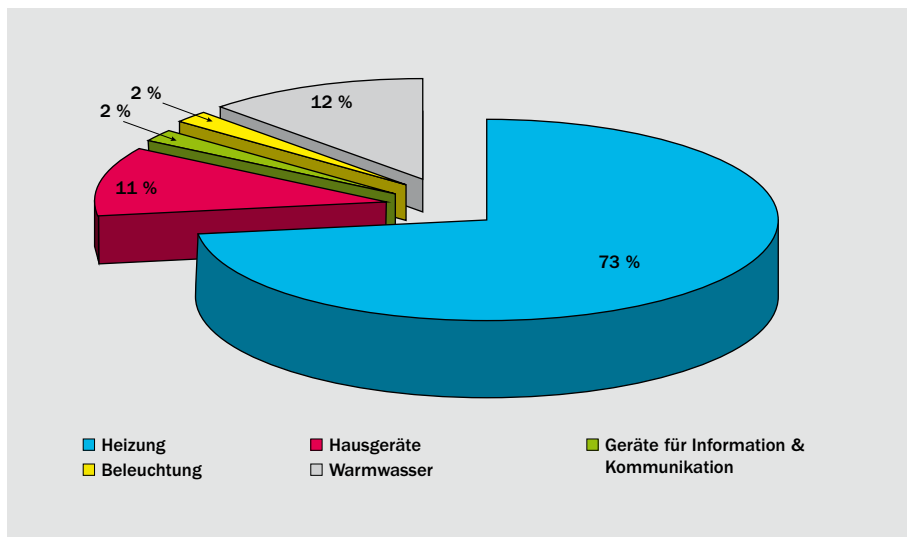


Bild 3: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte ohne den Verkehrsbereich, Stand: September 2010 nach [10]

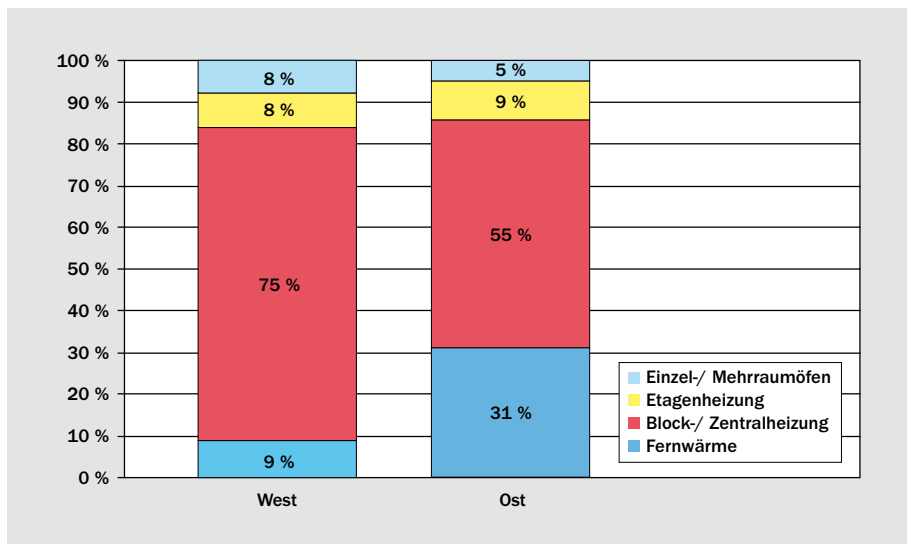


Bild 4: Beheizungsart deutscher Haushalte 2010 nach [11]

Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte (Bild 3) wird im Wesentlichen durch den Bereich Raumwärme bestimmt (Bild 4). Bild 5 gibt einen Überblick über die Beheizungsart und die Energieträgerverteilung deutscher Haushalte. 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.

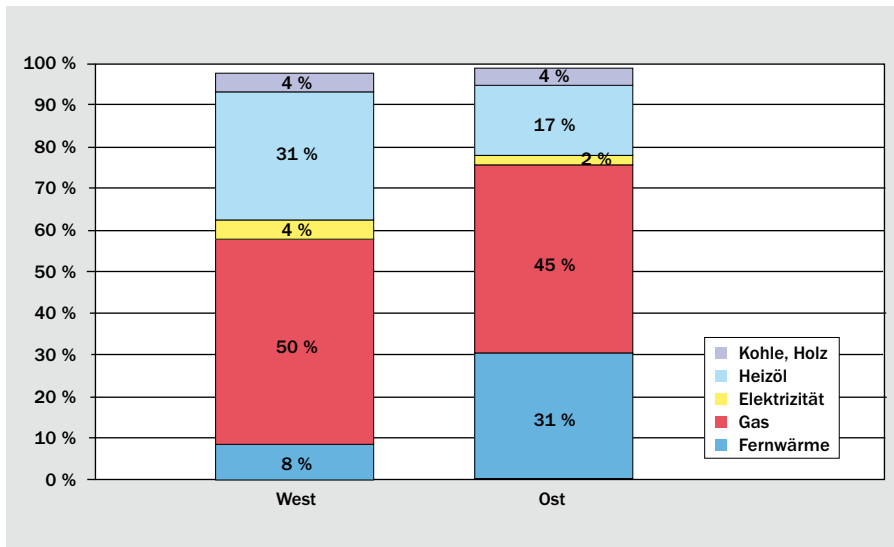


Bild 5: Energieträgerverteilung deutscher Haushalte 2010 nach [11]

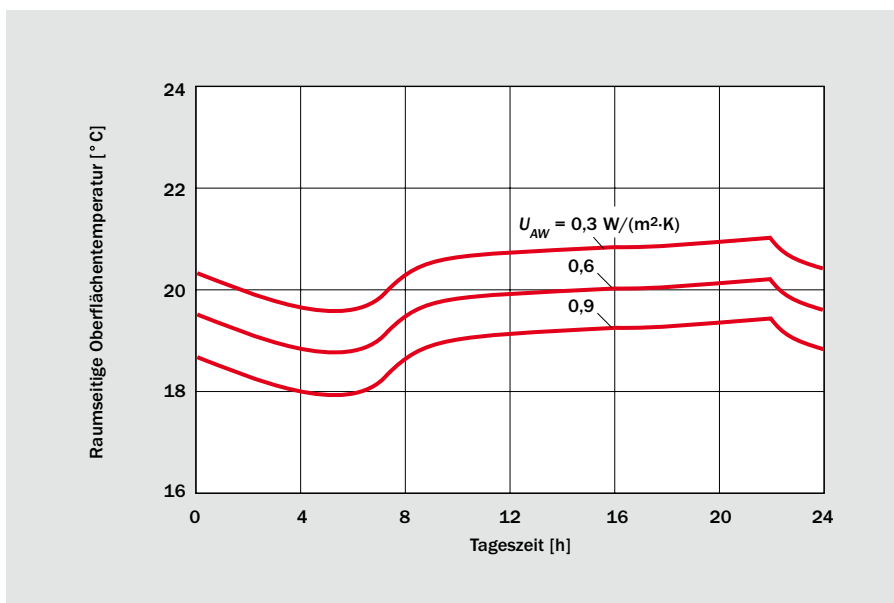


Bild 6: Abhängigkeit der raumseitigen Oberflächentemperatur einer Außenwand unter winterlichen Randbedingungen vom Wärmedurchgangskoeffizienten des Bauteils bei instationärem Heizbetrieb. Die Raum-Solltemperatur ist am Tag mit 22 °C und in der Nacht mit 15 °C angesetzt [12].

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 70, 55 und 40 (Neubau)

Das KfW-Effizienzhaus formuliert ein Anforderungsniveau, mit dessen Erreichung eine Förderung (Zuschuss oder Kredit) verbunden ist. Die Zahlenangabe (70, 55, 40) gibt an, auf welchen Prozentsatz bezogen auf das Anforderungsniveau der Energieeinsparverordnung eine Absenkung des Primärenergiebedarfs erfolgt. Ein KfW-Effizienzhaus 70 unterschreitet beispielsweise die Anforderungen der jeweils gültigen Energieeinsparverordnung um 30 %. Der spezifische Transmissionswärmeverlust ist gegenüber dem EnEV-Niveau auf 85, 70 bzw. 55 % abzusenken.

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.

Nullmissionshaus (Netto-Nullmissionshaus)

Das Nullmissionshaus – 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 Nullmissionshaus 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 dem Referenzgebäude der Energieeinsparverordnung und verursacht einen Primärenergiebedarf von 81,2 kWh/(m²·a).

3.1 Bauliche Einflüsse

Wird der bauliche Wärmeschutz gemäß den Zahlenwerten in Tafel 2 verbessert, ergibt sich eine Bedarfsreduktion um ca. 10 kWh/(m²·a). Eine Ausführung des baulichen Wärmeschutzes, die dem Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts nach EnEV 2014 entspricht, führt zu einer Erhöhung des Primärenergiebedarfs um ca. 7 kWh/(m²·a).

Mit der Umsetzung optimierter Anschlussdetails können Wärmebrückenverluste reduziert werden. Aus einem Wärmebrückenkorrekturwert $\Delta U_{WB} = 0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ resultiert der Jahres-Primärenergiebedarf von rund 72 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. 18,5 kWh/(m²·a) an.

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

Wird eine ausreichende Gebäudedichtigkeit, 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 87 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 3 % 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. 8 kWh/(m²·a). Werden die Rohrleitungen nicht wie im Ausgangsfall im beheizten, sondern im nicht beheizten Bereich geführt, liegt der Jahres-Primärenergiebedarf bei 87,4 kWh/(m²·a).

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

3.3 Nutzungsbedingte Einflüsse

Die Energieeinsparverordnung setzt als mittlere Raumlufttemperatur einen Wert von 19 °C an. Hierbei ist die räumliche Teilbeheizung berücksichtigt, d.h. es wird davon ausgegangen, dass nicht alle Räume eines Gebäudes auf normale Raumlufttemperaturen beheizt werden. Setzt man bei der Berechnung eine Raumlufttemperatur von durchschnittlich 17 °C an, liegt der Jahres-Primärenergiebedarf bei 68,6 kWh/(m²·a). Bei einer erhöhten Raumlufttemperatur von 21 °C erhöht sich der Bedarf im Vergleich zum Ausgangsfall um ca. 14 kWh/(m²·a).

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

Die Berücksichtigung standortspezifischer Klimadaten führt für Mannheim, dem Referenzort für die Region 12 gemäß DIN V 18599 [8] zu einer Reduktion des Jahres-Primärenergiebedarfs von ca. 15 kWh/(m²·a). Unter Zugrundelegung der Klimadaten des Referenzorts für die Region 10 (Hof) nimmt der Bedarf auf 96,9 kWh/(m²·a) zu.

4. DIE ENEV FÜR WOHNGEBÄUDE IM ÜBERBLICK

4.1 Einführung

Im Rahmen der EnEV 2014 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.

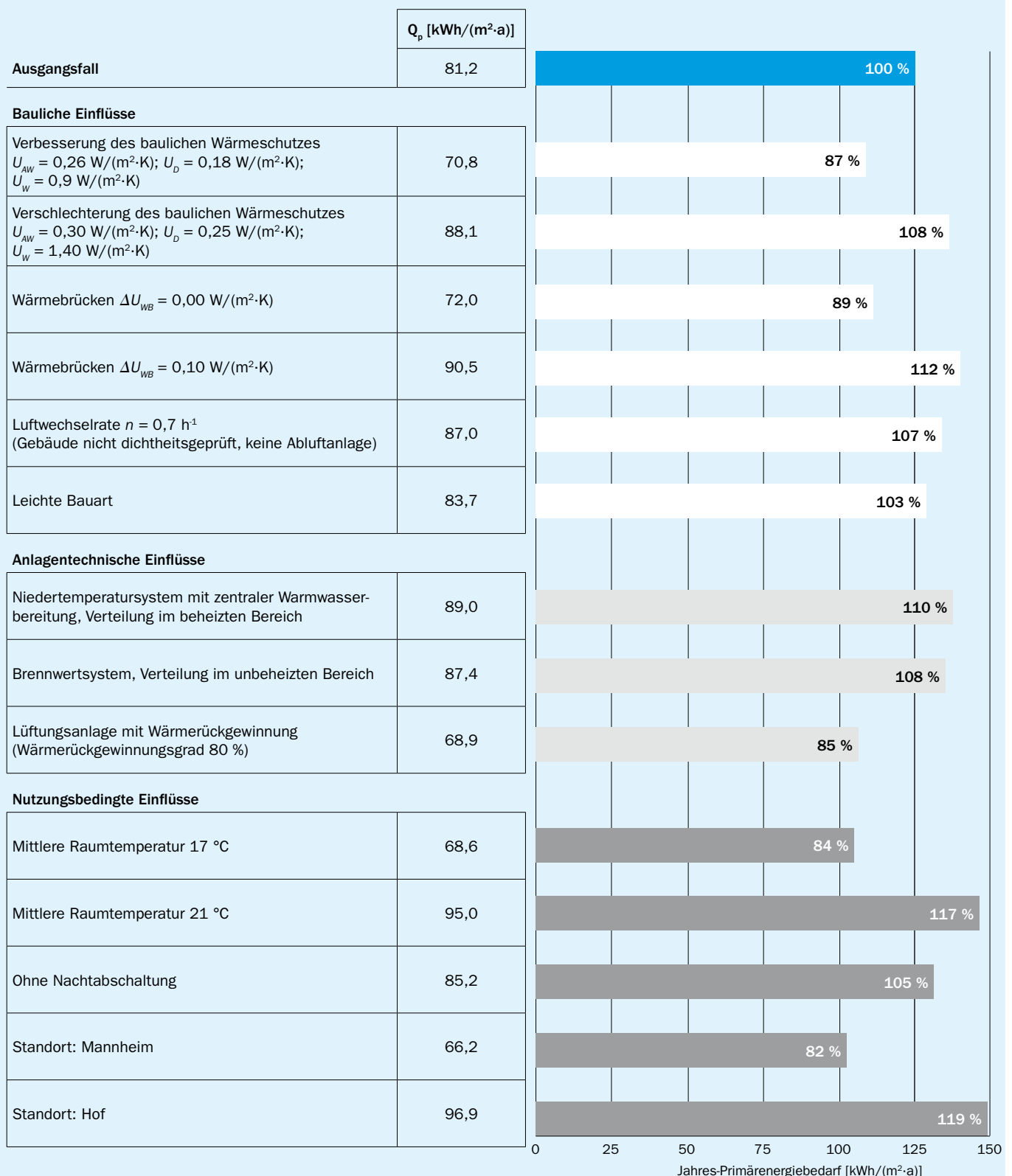
- Anforderungswerte des Jahres-Primärenergiebedarfs:
Die Anforderungswerte des Jahres-Primärenergiebedarfs der EnEV 2009 bleiben bis zum 31. Dezember 2015 unverändert bestehen (das Referenzgebäude ist identisch aus EnEV 2009 übernommen). Ab dem 1. Januar 2016 sind diese Anforderungswerte aus dem Referenzgebäude um 25 % abzusenken.
- Anforderungswerte des spezifischen Transmissionswärmeverlustes:
Auch die Anforderungen an den spezifischen Transmissionswärmeverlust bleiben zunächst bis zum 31. Dezember 2015 unverändert aus der EnEV 2009 bestehen. Ab dem 1. Januar

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

Ausgangsfall (Referenzausführung gemäß EnEV 2014):

baulicher Wärmeschutz: $U_{AW} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; $U_D = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
 $U_G = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; $U_W = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; $g = 0,60$
 Wärmebrückenkorrekturwert $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
 Luftwechsel $n = 0,55 \text{ h}^{-1}$
 (Gebäude dichtheitsgeprüft, Abluftanlage)

schwere Bauart
 Brennwertsystem mit zentraler Warmwasserbereitung und Solaranlage,
 Verteilung im beheizten Bereich
 Raumtemperatur 19 °C; mit Nachtabschaltung; Referenzstandort Potsdam
 Berechnung nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10



2016 resultiert der Maximalwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts aus der baulichen Qualität des Referenzgebäudes. Dies entspricht der Vorgehensweise beim Nachweis der KfW-Effizienzhäuser.

- Berücksichtigung von Anlagen zur Kühlung:
Gebäude mit Anlagen zur Kühlung sind mit dem Verfahren der DIN V 18599 nachzuweisen. Der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf wird ohne Berücksichtigung einer Kühlung ermittelt.
- Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien:
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.
- Nachweisverfahren:
Abweichend von den Berechnungsrandbedingungen der EnEV 2009 ist als Referenzklima die Region Potsdam zu berücksichtigen. Bis zum 31. Dezember 2015 ist der Primärenergiefaktor für Strom mit dem Wert $f_p = 2,4$, ab dem 1. Januar 2016 mit dem Wert $f_p = 1,8$ anzusetzen.

Neben den Anforderungen der EnEV 2014 ist das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) vom 1. Mai 2011 einzuhalten.

Wesentliche praktische Konsequenzen der bisherigen und der Energieeinsparverordnung 2014 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 bereitstellen zu können.

Bei der Bilanzierung nach DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 beträgt der Warmwasserwärmebedarf für Wohnnutzung $12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$.

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 7 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
- Qualität der einzubauenden Anlagentechnik Bestand: Niedertemperatur oder Brennwertkessel
- Regelungstechnik: Steuerung des Heizkessels und Raumtemperaturregelung

- Umwälzpumpen in Heizanlagen mit mehr als 25 kW Nennleistung: selbsttätige stufenweise Steuerung
- Dämmung von Rohrleitungen und Armaturen: Vorgabe von Mindestdämmdicken

4.5 Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren

Für das Nachweisverfahren der EnEV 2014 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

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 Wärmeeinträge 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

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 8). 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

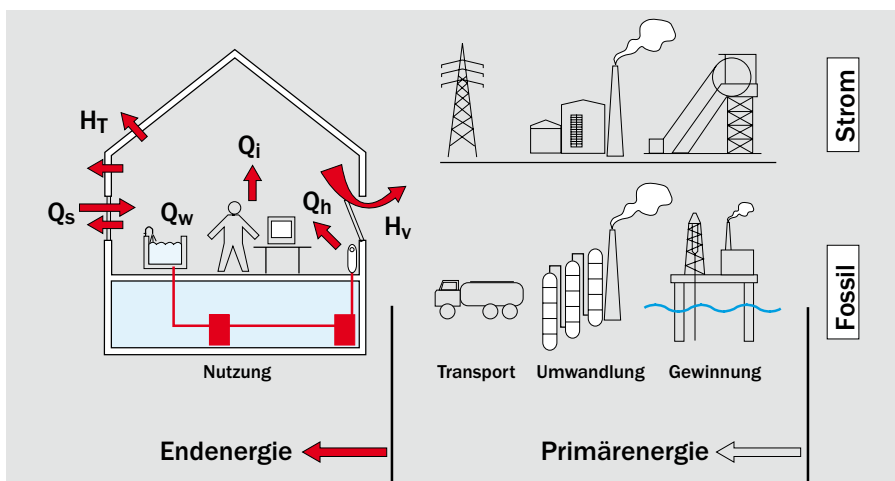


Bild 7: Schematische Darstellung der Einflussgrößen auf die Bilanzierung des Primärenergiebedarfs (Q_h Heizwärmebedarf; Q_w Warmwasserwärmebedarf; H_T Transmissionswärmeverlust; H_v Lüftungswärmeverlust; Q_s solare Wärmegewinne; Q_i interne Wärmegewinne)

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 nach Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung 2014 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.

5. ANFORDERUNGEN FÜR WOHNGEBÄUDE 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. Ab 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 9.

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 Wär-

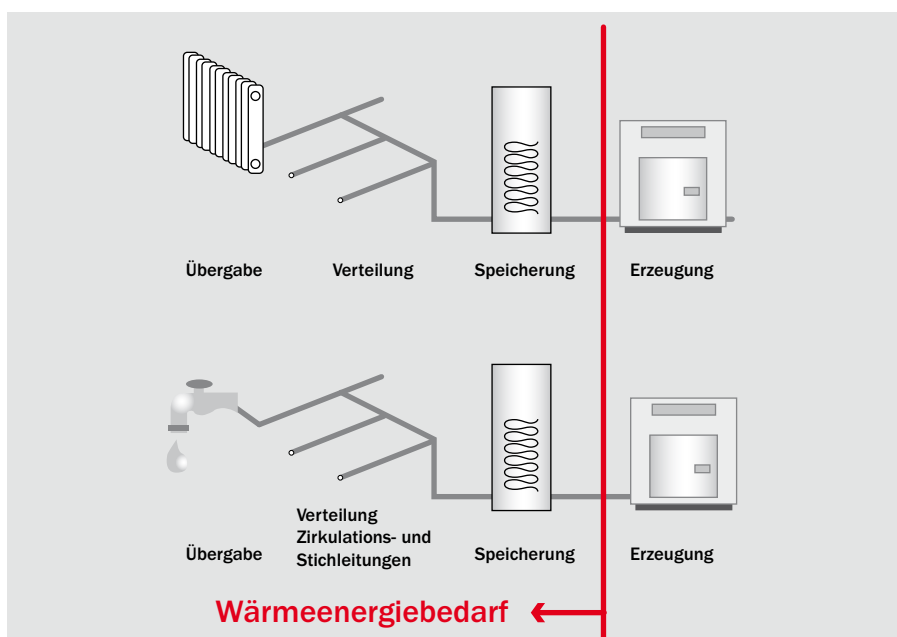


Bild 8: Definition des Wärmeenergiebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung. Im Falle der Gebäudekühlung ist der dazu erforderliche Energieanteil zusätzlich einzubeziehen.

Tafel 4: Bauliche Ausführung des Referenzgebäudes „Wohngebäude“ gemäß EnEV 2014

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

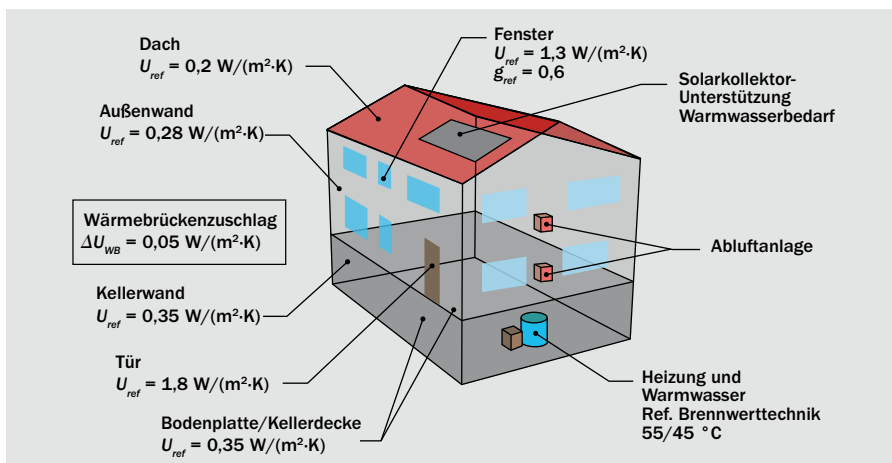


Bild 9: Referenzausführung für Wohngebäude (schematische Darstellung der wesentlichen Komponenten)

Tafel 5: Höchstwerte des spezifischen, auf die Wärme übertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts gemäß EnEV 2014

Zeile	Gebäudetyp	Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts	
1	Freistehendes Wohngebäude	mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$	$H'_T = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
		mit $A_N > 350 \text{ m}^2$	$H'_T = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
2	Einseitig angebautes Wohngebäude (z. B. Reihenhendhaus)	$H'_T = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	
3	Alle anderen Wohngebäude (z. B. 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.

meschutzes sicherstellen soll, wird abhängig von Gebäudetyp und -größe vorgegeben (Tafel 5). Ab dem 1. Januar 2016 resultiert der Maximalwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts aus der baulichen Qualität des Referenzgebäudes.

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_{vorh} zu ermitteln.

$$S_{vorh} = \sum_i \frac{A_{w,i} \cdot g_{total,i}}{A_G}$$

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.

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

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_{vorh} darf den Höchstwert S_{zul} nicht überschreiten, d.h.:

$$S_{vorh} \leq S_{zul}$$

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

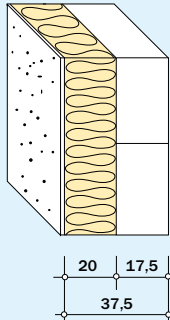
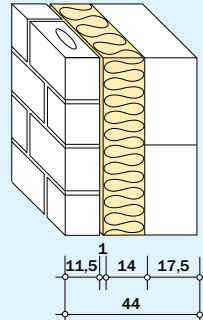
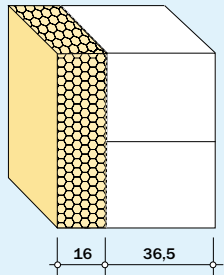
Die positive Auswirkung einer schweren Bauart auf das sommerliche Temperaturverhalten ist in Bild 10 dargestellt.

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

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

Beschaffenheit der Sonnenschutzvorrichtung	Zweifach Sonnenschutzglas	Dreifach Wärmedämmglas	Zweifach Wärmedämmglas
	Abminderungsfaktor F_c		
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

Außenwände		Kellerwand
Kalksandstein mit WDVS	Zweischalige KS-Außenwand	(beheizter Keller)
 <p>$U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>	 <p>$U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ $\lambda = 0,024 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>	 <p>$U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ mit Perimeterdämmung $\lambda = 0,036 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ mit Zuschlag ΔU nach abZ von 0,04 [W/(m²·K)]</p>

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

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 Niedertempe-

ratur- 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 räumlichen 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.

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 Leitungsnetzverteilern	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
6	Leitungen von Zentralheizungen nach den Zeilen 1 bis 4, die nach dem 31. Januar 2002 in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
7	Leitungen nach Zeile 6 im Fußbodenaufbau	6 mm
8	Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen	6 mm

5.5 Energieausweise

Wird ein Gebäude errichtet oder geändert und werden im Zusammenhang mit der Änderung die erforderlichen Berechnungen gemäß Energieeinsparverordnung durchgeführt, so ist dem Eigentümer ein Energieausweis unter Zugrundelegung der energetischen Eigenschaften des fertiggestellten oder geänderten Gebäudes auszustellen. 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 künftig – sofern ein Energieausweis vorliegt – umfassende Aussagen zur energetischen Qualität des Gebäudes zu treffen. Im Falle von bereits

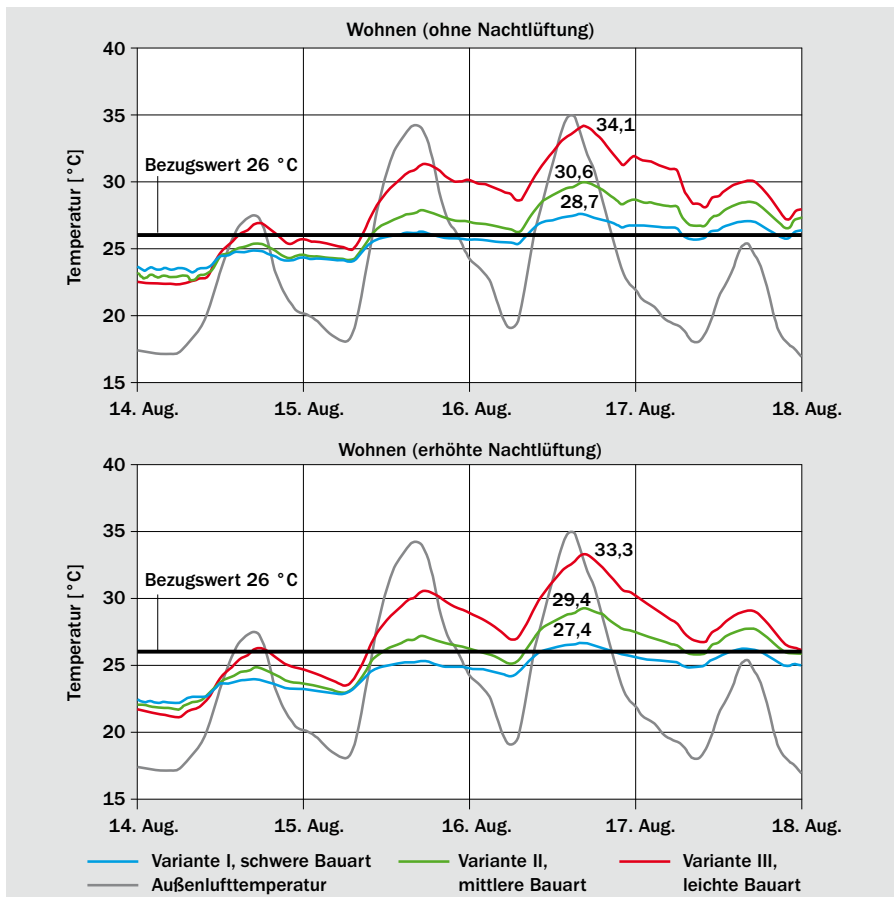


Bild 10: Verlauf von Außentemperatur, Bezugstemperatur und operativer Raumtemperatur der Varianten I bis III mit und ohne Berücksichtigung einer erhöhten Nachtlüftung für den Wohnbereich über eine sommerheiße Periode [17]

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 EnEV 2014 vor, sind über die Angabe des Endenergiebedarfs oder Endenergieverbrauchs hinaus der wesentliche Energieträger für die Heizung des Gebäudes, das Gebäudabaujahr und die Energieeffizienzklasse aufzunehmen.

Während für Neubauten und in größerem Umfang energetisch modernisierte Bestandsgebäude der Energieausweis auf Basis des Energiebedarfs (berechnete Größe) zu erstellen ist, kann bei bestehenden Gebäuden auch der Energieverbrauch (messtechnisch ermittelte Größe) angegeben werden. Besondere Regelungen zur Aufnahme der Daten von Bestandsgebäuden zur Erstellung von Energiebedarfsausweisen sowie die Vorgehensweise zu Aufnahme und Witterungsbereinigung 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 sogenann-

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	$U_t \leq 2,9$	$U_t \leq 2,9$
Decken, Dächer	$U_d \leq 0,20-0,24$	$U_d \leq 0,35$
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich	U_u bzw. $U_g \leq 0,30-0,50$	keine Anforderungen
Decken nach unten an Außenluft	$U_g \leq 0,24$	keine Anforderungen

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

Eine Prüfung der Ausführung von Nachrüstungsverpflichtungen für anlagentechnische Komponenten (Heizkessel, Rohrleitungsdämmung) und die Anforderungen hinsichtlich der energetischen Qualität von regelungstechnischen Anlagen und neu eingebauter Umwälzpumpen erfolgt 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

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.

Nachrüstungsverpflichtungen 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 Nachrüstungsverpflichtungen.

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

INFOKASTEN: PASSIVE SOLARENERGIEGEWINNE

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

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

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

- mit
- g [-] Wirksamer Gesamenergiedurchlassgrad
 - θ_i, θ_e [°C] 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:

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

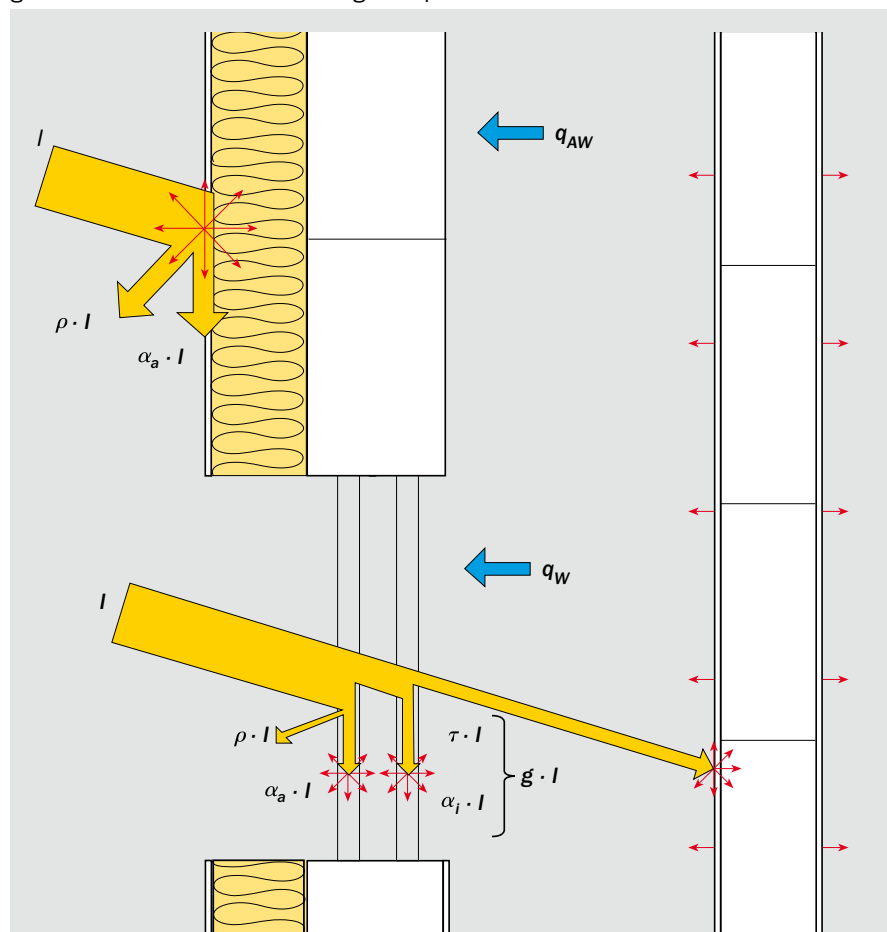
Opake Bauteile:

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

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

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

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



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.

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

mit

- $Q_{l,M}$ 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:

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

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 11).

Ist eine Gleichwertigkeit der in Planung und Ausführung vorgesehenen Anschlüsse

mit den im Beiblatt aufgenommenen Anschlusslösungen durch die dargestellten konstruktiven Grundprinzipien unter Berücksichtigung der Bauteilabmessungen und Dämmschichtstärken gegeben, darf ΔU_{WB} zu 0,05 W/(m²·K) angesetzt werden. Sind die konstruktiven Grundprinzipien nicht vergleichbar, besteht die Möglichkeit, den Wärmebrückenverlustkoeffizienten Ψ (längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient) eines Anschlusses zu berechnen bzw. Herstellerangaben oder Wärmebrückenkatalogen zu entnehmen. Dieser Wert muss den jeweiligen im Beiblatt aufgeführten Referenzwert unterschreiten. Beim Gleichwertigkeitsnachweis sind 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 Türlaibungen,
- Wand- und Deckeneinbindung,
- Deckenaufleger und
- thermisch entkoppelten Balkonplatten.

Der ΔU_{WB} -Wert ergibt sich zu

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

mit

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

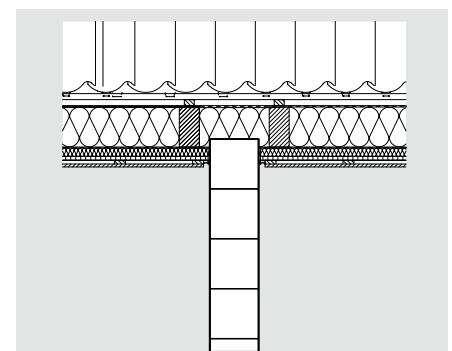


Bild 11: Beispiel einer Ausführung des Dach-Innenwand-Anschlusses in Anlehnung an DIN 4108, Beiblatt 2

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 abzu-

dichten. 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 (Nachtabstaltung).

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 $C_{\text{wirk}} = 15 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \cdot V_e$

und für

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

V_e beinhaltet dabei das Bruttovolumen des Gebäudes.

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

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

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

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

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

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

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

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.

6.3.2 Nachtabstaltung

Die Energieeinsparung durch Nachtabstaltung wird über ein detailliertes Berechnungsverfahren ermittelt, wobei

die wirksame Wärmespeicherfähigkeit für

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

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

INFOKASTEN: WÄRMESPEICHERFÄHIGKEIT – PRINZIPIELLE EFFEKTE

Hinsichtlich der Wirkung der Wärmespeicherfähigkeit auf den Heizwärmebedarf ist bekanntermaßen prinzipiell zwischen zwei gegenläufigen Phänomenen zu unterscheiden: Bei instationärem Heizbetrieb, wie z. B. einer Nacht- und Wochenendabsenkung bzw. -schaltung, kühlt ein Gebäude mit geringerer Wärmespeicherfähigkeit rascher 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 Wärmegewinnen, welche die Heizlast erheblich mindern und auch komplett kompensieren können. Bei Gebäuden mit geringer Wärmespeicherfähigkeit treten dadurch höhere Temperaturüberschreitungen (Überheizungen) auf als bei Gebäuden mit einer hohen Wärmespeicherfähigkeit. Hieraus resultieren im Tagesmittel und über die Heizperiode gerechnet höhere mittlere Raumtemperaturen, die bei Gebäuden mit geringer Wärmespeicherfähigkeit zu größeren Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten führen, d. h., die Energiegewinne können weniger gut genutzt werden als bei schwerer Bauart [27 bis 31].

Für ein frei stehendes Einfamilienhaus wird in [30] auf der Basis dynamischer Simulationsrechnung der Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit auf den Heizwärmebedarf anhand von fünf typischen Bauarten für drei unterschiedliche Wärmeschutzniveaus untersucht. Das Wärmeschutzniveau I entspricht dabei den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung 1984, das Anforderungsniveau II der Wärmeschutzverordnung 1995, das Anforderungsniveau III geht über die Anforderungen der Energieeinsparverordnung

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

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

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

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

Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile und Gesamtenergiedurchlassgrade der Verglasungen der betrachteten Wärmeschutzniveaus

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

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

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

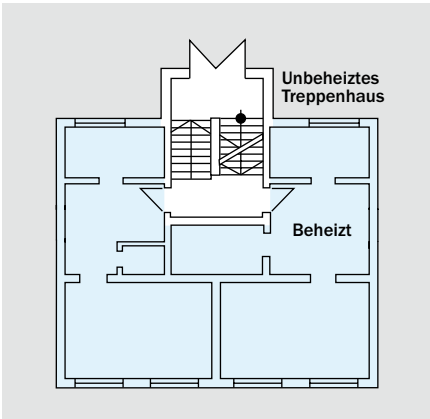


Bild 12: Behandlung unbeheizter Treppenhäuser

Fall 1 (Bild 13)

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.

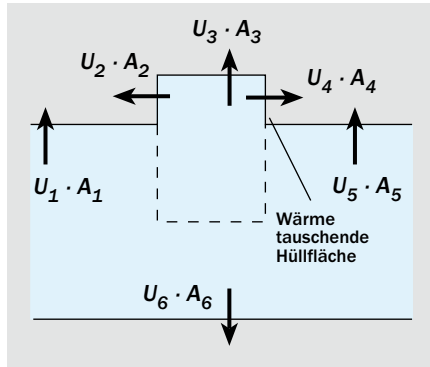


Bild 13: Berechnung nach EnEV „einschließend“ – Fall 1

Fall 2 (Bild 14, 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.

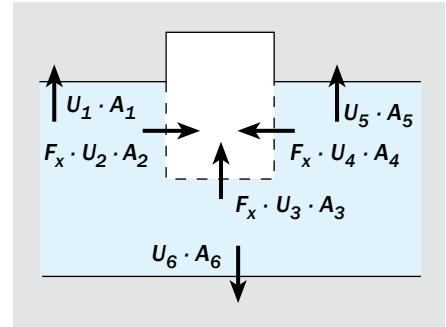


Bild 14: Berechnung nach EnEV „ausgrenzend“ – Fall 2

Für den EnEV-Nachweis empfiehlt es sich, die Wärme übertragende Umfassungsfläche gemäß Fall 1 zu wählen. Die Behandlung nach Fall 2 hätte zur Folge, dass – zumindest im Referenzgebäude – die Wände zum Treppenhaus mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,35 W/(m²·K) anzusetzen wären.

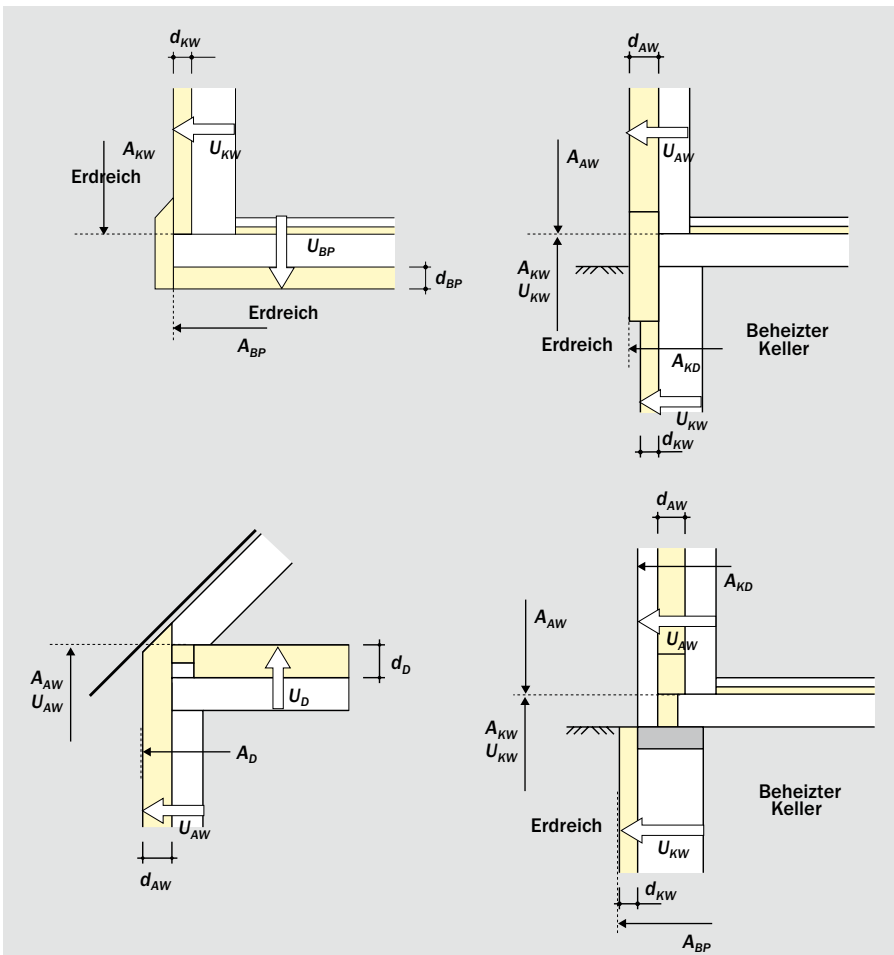


Bild 15: Flächenbezüge nach DIN V 18599-1

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 Außenseite 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 15).

Die Ausnahme bildet der obere Gebäudeabschluss: Hier wird die Oberkante der obersten wärmetechnisch wirksamen Schicht als Außenmaß verwendet (Bild 15).

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].

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 lichte Rohbaumaß gilt deshalb das Maueröffnungsmaß, bei dem das Fenster angeschlagen wird (Bild 16). 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

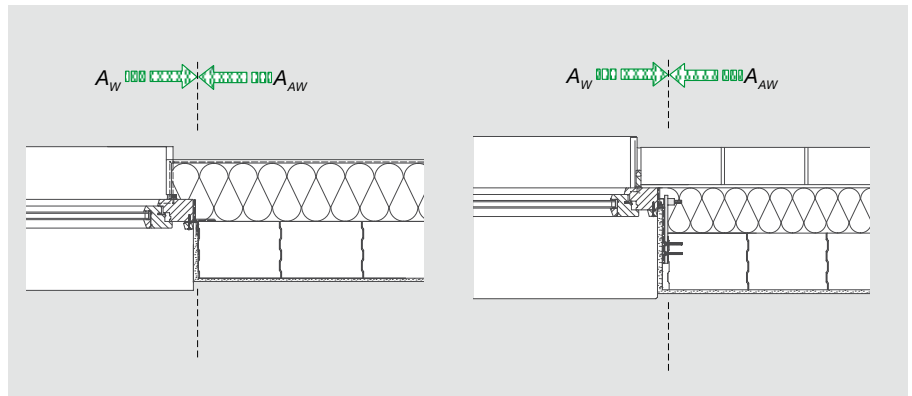


Bild 16: Ermittlung des lichten Rohbaumaßes bei Fensteröffnungen (stumpfer Anschlag, zweischaliges Mauerwerk, mit Innenanschlag); A_W = Fensterfläche, A_{AW} = Fläche Außenwand

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 Jahres-Wärmebedarf bzw. Energiebedarf. In DIN V 4701-10 wird der flächenbezogene Jahres-Wärmebedarf bzw. Energiebedarf mit q [kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)] 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 Erzeuger-aufwandszahl 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 KS-Nachweisprogramm für Wohngebäude steht zum kostenlosen Download auf www.kalksandstein.de zur Verfügung.

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 farbig 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 KS-Wärmebrückenkatalog [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 aus dem KS-Wärmebrückenkatalog abgegriffen. Die detailspezifischen Ψ -Werte werden mit den Längen der einzelnen Wärmebrücken sowie dem Temperaturkorrekturfaktor F_x multipliziert, aufsummiert und durch die Wärme übertragende Hüllfläche geteilt.

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

Eine detaillierte Beschreibung der Behandlung erdberührter Bauteile findet sich im KS-Wärmebrückenkatalog.



Bild 17: Fraunhofer-Zentrum, Kaiserslautern

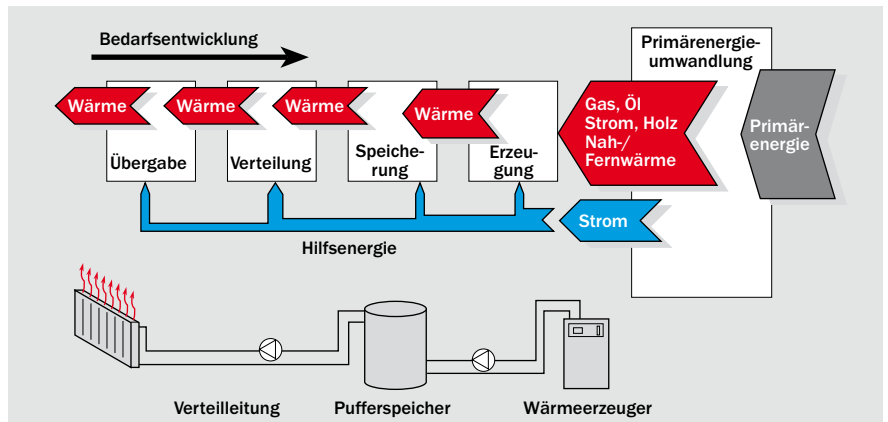
**INFOKASTEN:
ANLAGENTECHNISCHE
EINFLUSSGRÖSSEN**

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

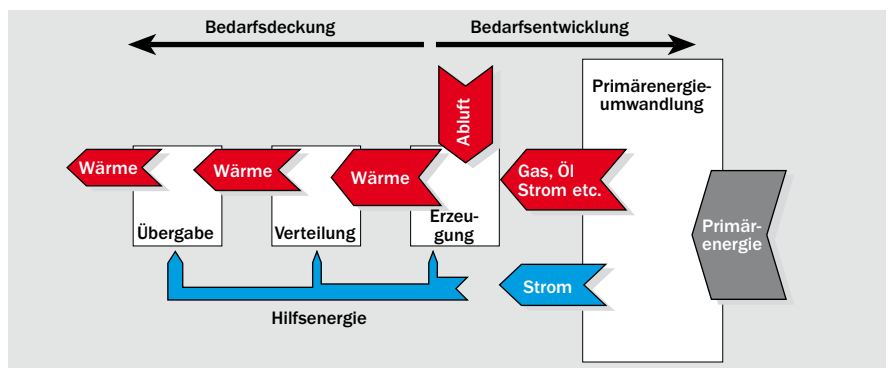
Die Anlagen-Aufwandszahl kennzeichnet die energetische Effizienz der gesamten Energieversorgungskette, deren Bilanzanteile für die Heizung im oberen Bild schematisch dargestellt sind. Die technischen Verluste des Heizsystems setzen sich zusammen aus Übergabeverlusten im Raum Q_{ge} (Heizflächenanordnung,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

Primärenergiefaktoren

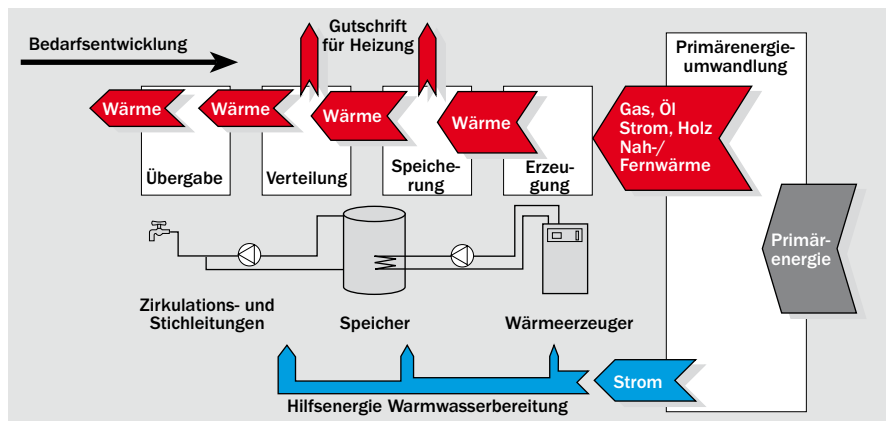
Die Primärenergiebewertungsfaktoren nach DIN V 4701-10 und EnEV sind in der Tafel aufgeführt.



Bilanzierungsanteile Heizungsanlage nach DIN V 4701-10 [6]



Bilanzierungsanteile Lüftungsanlage nach DIN V 4701-10 [6]

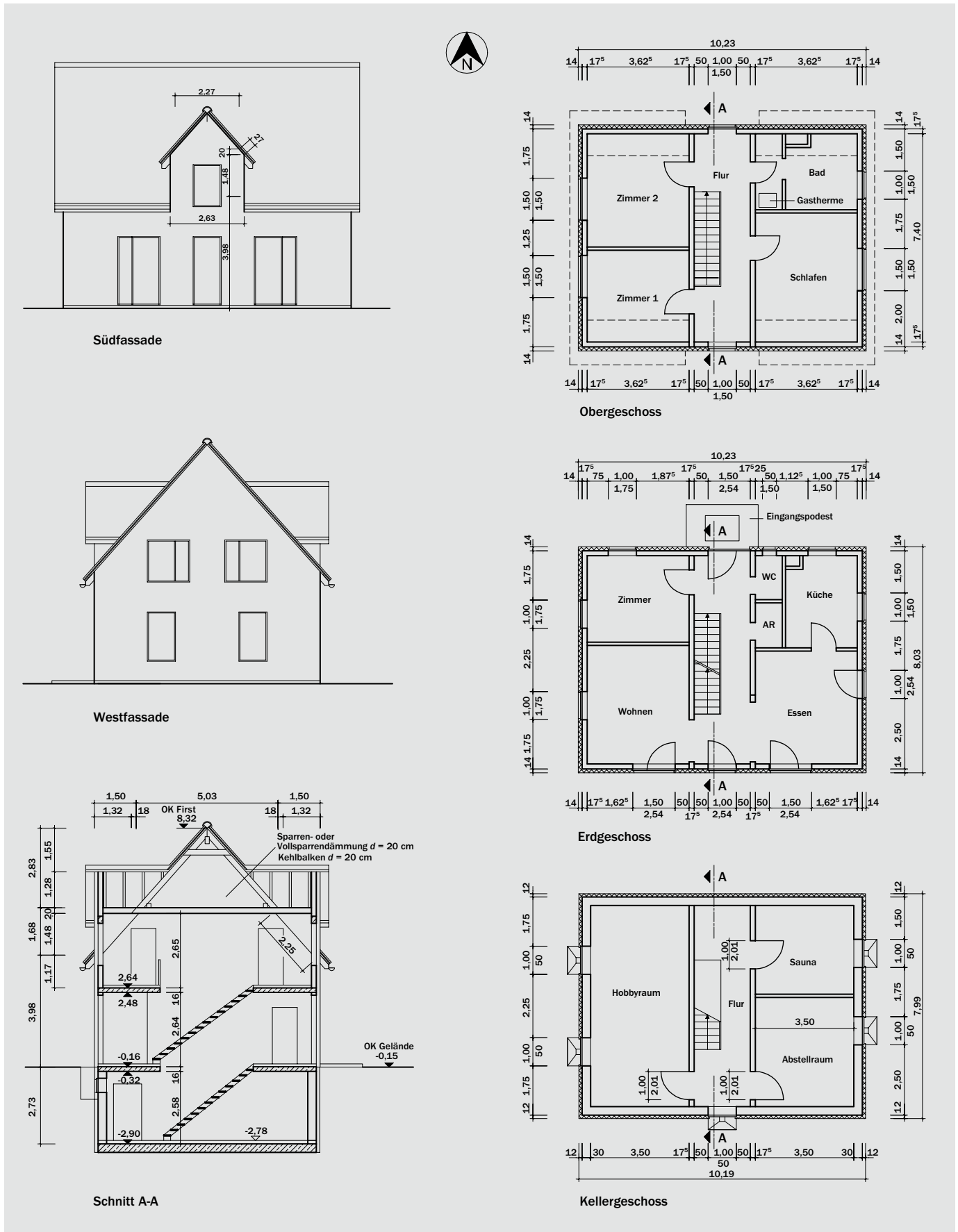


Bilanzierungsanteile Warmwasserbereitung nach DIN V 4701-10 [6]

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	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⁾ Ab dem 1. Januar 2016 ist im Rahmen des EnEV-Nachweises der Wert 1,8 zu verwenden.
	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	

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 2014 - zu errichtendes Gebäude							
Objekt:		Beispielgebäude Wohnhaus					
1	1. Gebäudedaten						
2	Volumen (Außenmaß) [m ³]	$V_e = 670,42$	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 < h_G < 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04 \text{ m}^{-1}$				
	Geschosshöhe [m]	$h_G = 2,80$	$f_G = 0,32$				
	Nutzfläche [m ²]	$A_N = f_G * V_e = 0,32 * 670,42 = 214,5$					
	Anzahl Wohneinheiten [-]	$n_{WE} = \text{Gebäude bis zu 2 Wohneinheiten}$					
3	2. Wärmeverlust						
4	2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]						
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i * A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i * A_i * F_{xi}$ [W/K]
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 87-98)	AW 1	35,92	0,23	8,26	1	8,26
7		AW 2	37,24	0,23	8,57	1	8,57
8		AW 3	33,57	0,23	7,72	1	7,72
9		AW 4	37,45	0,23	8,61	1	8,61
10		AW 5				1	
11		AW 6				1	
12		AW 7				1	
13		AW 8				1	
14		AW 9				1	
15		AW 10				1	
16		AW 11				1	
17		AW 12				1	
18	Fenster, Fenstertüren (Orientierung: siehe Zeilen 73-78)	W 1	5,50	1,30	7,15	1	7,15
19		W 2	8,00	1,30	10,40	1	10,40
20		W 3	11,66	1,30	15,16	1	15,16
21		W 4	7,79	1,30	10,13	1	10,13
22		W 5	2,50	1,30	3,25	1	3,25
23		W 6				1	
24	Dachflächenfenster (Orientierung: siehe Zeilen 79-82)	W 7				1	
25		W 8				1	
26		W 9				1	
27		W 10				1	
28	Haustür (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 99-100)	T 1	3,81	1,80	6,86	1	6,86
29		T 2				1	
30	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 101-108)	D 1	17,63	0,19	3,35	1	3,35
31		D 2	17,63	0,19	3,35	1	3,35
32		D 3	0,81	0,19	0,15	1	0,15
33		D 4	0,81	0,19	0,15	1	0,15
34		D 5				1	
35		D 6				1	
36		D 7				1	
37		D 8				1	

2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K] - Fortsetzung							
39	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U_i [W/(m ² K)]	$U_i \cdot A_i$ [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F_{xi} [-]	$U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}$ [W/K]
40	Oberste Geschoßdecke	D 9	54,12	0,19	10,28	0,8	8,23
41		D10				0,8	
42		D11				0,8	
43	Wände und Decken zu Abseiten (Drempel)	AbW 1				0,8	
44		AbW 2				0,8	
45		AbW 3				0,8	
46	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1				0,5	
47		AB 2				0,5	
48		AB 3				0,5	
49		AB 4				0,5	
50		AB 5				0,5	
51	Kellerdecke/-innenwand zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	81,42	0,31	25,24	0,45	11,36
52		G 2	96,76	0,33	31,93	0,6	19,16
53		G 3					
54		G 4					
55		G 5					
56	Decken über Außenluft (Durchfahrten, Erker)	G 6				1	
57		G 7				1	
58	$\Sigma A_i = A =$		452,62	Spezifischer Transmissionswärmeverlust ³⁾ $\Sigma U_i \cdot A_i \cdot F_{xi} =$			131,85
59	Wärmebrücken-korrekturwert	pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
60		optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		
61		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			$[W/(m^2K)] \Delta U_{WB} =$		0,018
Transmissionswärmeverlust: $H_T = \Sigma (U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}) + \Delta U_{WB} \cdot A$							
$H_T = 131,85 + 0,018 \cdot 452,62$ ³⁾ $[W/K] H_T =$							140,00
62	Transmissionswärmeverlust der Heizperiode: (Abweichung falls "Berechnung gem. ISO 13370") Bei der Berechnung des Wärmestroms über den unteren Gebäudeabschluss gem. DIN EN ISO 13370 kann kein Wert für die Heizperiode ausgegeben werden, da monatlich variierende Verluste vorliegen. Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_{T'v}$						$[W/K] H_T = 140,00$
2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]							
64	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 \cdot V_e = 0,76 \cdot$	670,42	$[m^3] V =$		509,52
65		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 \cdot V_e = 0,80 \cdot$			$[m^3] V =$	
66	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung				$[h^{-1}] n =$	
67		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen				$[h^{-1}] n =$	0,60
68		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen				$[h^{-1}] n =$	
69	Lüftungswärmeverlust:		$H_v = 0,34 \text{ Wh}/(m^3K) \cdot n \cdot V$				
			$H_v = 0,34 \cdot 0,60 \cdot 509,52$	$[W/K] H_v =$		103,94	

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

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

3. Wärmegewinne								
3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile $Q_{s,t}$ [kWh/a]								
72	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g_i [-]	Verschattung ⁴⁾ $F_{S \leq 0,9}$ [-]	Minderung Rahmen ⁵⁾ F_F [-]	Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
73	Nord - 90°	W 1	5,50	0,60	0,9	0,7	Monatswerte werden nicht dargestellt	
74	Ost/West - 90°	W 2	8,00	0,60	0,9	0,7		
75	Süd - 90°	W 3	11,66	0,60	0,9	0,7		
76	Ost/West - 90°	W 4	7,79	0,60	0,9	0,7		
77		W 5	2,50	0,60	0,9	0,7		
78		W 6			0,9	0,7		
79		W 7			0,9	0,7		
80		W 8			0,9	0,7		
81		W 9			0,9	0,7		
82		W 10			0,9	0,7		
83	Solare Wärmegewinne über transparente Bauteile:		$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i * g_i * F_{S,i} * F_C * F_W * F_F * I_{s,i,M})$			[W]	$\Phi_{s,t,M} =$	Monatswerte
84			$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,t,Mi} * t_M)$			[kWh/Monat]	$Q_{s,t,M} =$	Monatswerte
3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]								
86	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m ²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁶⁾ α_i [-]	übrige Parameter $U_i * R_e$ [-] $F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}$ [W/m ²]		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m ²]	
87	Nord - 90°	AW 1	35,92	0,50	0,009	20	Monatswerte werden nicht dargestellt	
88	Ost/West - 90°	AW 2	37,24	0,50	0,009	20		
89	Süd - 90°	AW 3	33,57	0,50	0,009	20		
90	Ost/West - 90°	AW 4	37,45	0,50	0,009	20		
91		AW 5		0,50				
92		AW 6		0,50				
93		AW 7		0,50				
94		AW 8		0,50				
95		AW 9		0,50				
96		AW 10		0,50				
97		AW 11		0,50				
98		AW 12		0,50				
99	Nord - 90°	T 1	3,81	0,50	0,072	20		
100		T 2		0,50				
101	Nord - 45°	D 1	17,63	0,80	0,008	40		
102	Süd - 45°	D 2	17,63	0,80	0,008	40		
103	Ost/West - 45°	D 3	0,81	0,80	0,008	40		
104	Ost/West - 45°	D 4	0,81	0,80	0,008	40		
105		D 5		0,80				
106		D 6		0,80				
107		D 7		0,80				
108		D 8		0,80				
109	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile:		$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i * A_i * R_e * (\alpha_i * I_{s,i,M} - F_{f,i} * h * \Delta\theta_{er}))$			[W]	$\Phi_{s,o,M} =$	Monatswerte
110			$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 * \Phi_{s,o,Mi} * t_M)$			[kWh/Monat]	$Q_{s,o,M} =$	Monatswerte
3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]								
112	Interne Wärmegewinne:		$Q_{i,M} = 0,024 * q_i * A_N * t_M = 0,024 * 5 \text{ W/m}^2 * A_N * t_M$			[kWh/Monat]	$Q_{i,M} =$	Monatswerte

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

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

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

113	4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]			
114	wirksame Wärmespeicherfähigkeit für Ausnutzungsgrad:	leichte Bauart ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},\eta} = \underline{\hspace{2cm}}$
115		schwere Bauart ⁷⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 670.42$	$C_{\text{wirk},\eta} = 33,521$
116		detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]		$C_{\text{wirk},\eta} / V_e = \underline{\hspace{2cm}}$
117	wirksame Wärmespeicherfähigkeit bei Nachtabschaltung:	leichte Bauart ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},NA} = \underline{\hspace{2cm}}$
118		schwere Bauart ⁷⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 18 * V_e = 18 * 670.42$	$C_{\text{wirk},NA} = 12,068$
119		detaillierte Ermittlung ⁷⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]		$C_{\text{wirk},NA} / V_e = \underline{\hspace{2cm}}$
120	5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]			
121	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁸⁾	$Q_{i,M} = 0,024 * (H_T + H_V) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	[kWh/M.]	$Q_{i,M} = \underline{\hspace{2cm}}$
122	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	[kWh/M.]	$Q_{i,M} = \underline{\hspace{2cm}}$
123	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{i,M}) / (Q_{i,M} - Q_{s,o,M})$	[-]	$\gamma_M = \underline{\hspace{2cm}}$
124	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^a) / (1 - \gamma_M^{a+1})$	[-]	$\eta_M = \underline{\hspace{2cm}}$
125	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{i,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{i,M})$		$Q_{h,M} = \underline{\hspace{2cm}}$
126		$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos.}}$	[kWh/a]	$Q_h = 9,180.47$
127	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁹⁾	$Q_h'' = Q_h / A_N$ $Q_h'' = 9,180.47 / 214.53$	[kWh/(m²a)]	$Q_h'' = 42.79$
128	6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]			
129	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:	$H_{T',\text{vorh}} = H_T / A = 140.00 / 452.62$	[W/(m²K)]	$H_{T',\text{vorh}} = 0.31$
130	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:	$H_{T',\text{max}} = 0,4 \text{ W/(m²K)}$ freistehendes Wohngebäude mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$ $H_{T',\text{max}} = 0,5 \text{ W/(m²K)}$ freistehendes Wohngebäude mit $A_N > 350 \text{ m}^2$ $H_{T',\text{max}} = 0,45 \text{ W/(m²K)}$ einseitig angebautes Wohngebäude $H_{T',\text{max}} = 0,65 \text{ W/(m²K)}$ Alle anderen Wohngebäude	[W/(m²K)]	$H_{T',\text{max}} = 0.40$
131	$H_{T',\text{vorh}} = 0.31 \text{ W/(m²K)} \leq 0.40 \text{ W/(m²K)} = H_{T',\text{max}}$			
132	7. Ermittlung der Primärenergieaufwandszahl gemäß DIN 4701 - 10 Anhang A (Berechnungsblätter) oder Anhang C (Diagramme)			
133	Anlagen-Aufwandszahl (primärenergiebezogen): Anlagentyp: Anlage 1 - Brennwert-Kessel und solar unterstützte Trinkwassererwärmung		[-]	$e_P = 1.07$
134	8. Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Gebäudenutzfläche [kWh/(m²a)]			
135	vorhandener Jahres-Primärenergiebedarf:	$Q_{P'',\text{vorh}} = e_P * (Q_h'' + 12,5 \text{ kWh/(m²a)})$ $Q_{P'',\text{vorh}} = 001 * (043 + 12,5)$	[kWh/(m²a)]	$Q_{P'',\text{vorh}} = 58.96$
136	zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:			
137	der zulässige Wert entspricht dem Berechnungsergebnis des Referenzgebäudes		[kWh/(m²a)]	$Q_{P'',\text{max}} = 70.95$
138	$Q_{P'',\text{vorh}} = 58.96 \text{ kWh/(m²a)} \leq 70.95 \text{ kWh/(m²a)} = Q_{P'',\text{max}}$			

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

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

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

Dokumentation weiterer Randbedingungen der Berechnung

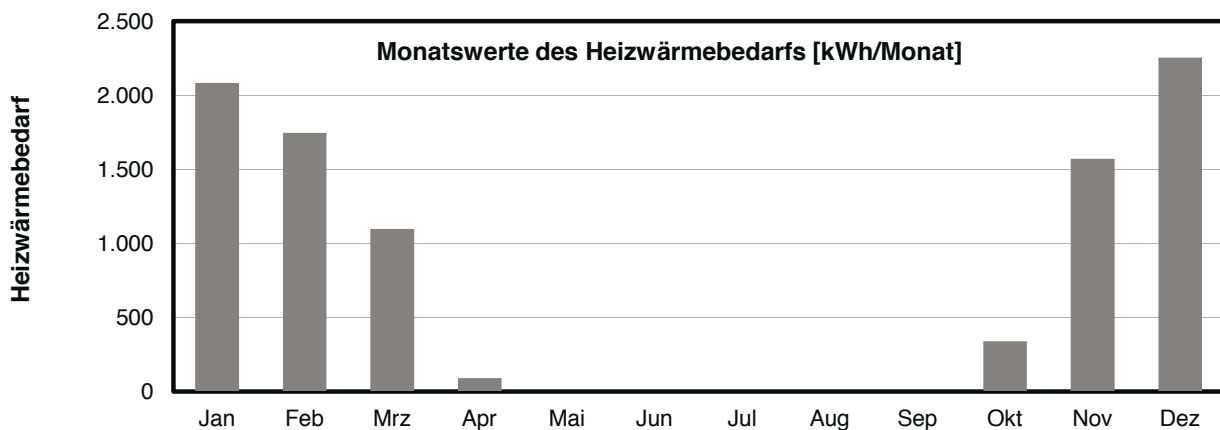
Temperatur-Korrekturfaktoren für den unteren Gebäudeabschluß - F_{xi}

Parameter		
Bodengrundfläche A_G ¹⁰⁾	[m ²]	81,42
Umfang der Bodengrundfläche (Perimeter) P ¹⁰⁾	[m]	36,36
Kenngroße $B' = A_G / (0,5 * P)$	[m]	4,48
Die Wärmedurchlasswiderstände von Bodenplatten oder Kellerböden R_f bzw. Kellerwänden R_w ergeben sich aus dem U-Wert abzüglich der inneren Wärmeübergangswiderstände.		
Flächen	Spezifizierung	F_{xi} [-]
G 1 : $A = 81,42 \text{ m}^2$; $U = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Fußboden beheizter Keller	0,45
G 2 : $A = 96,76 \text{ m}^2$; $U = 0,33 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Wand beheizter Keller (an Erdreich angrenzend)	0,60
G 3	- nicht festgelegt -	
G 4	- nicht festgelegt -	
G 5	- nicht festgelegt -	

¹⁰⁾ Angabe nicht notwendig für aufgeständerte Fußböden

Monatliche Zwischenergebnisse

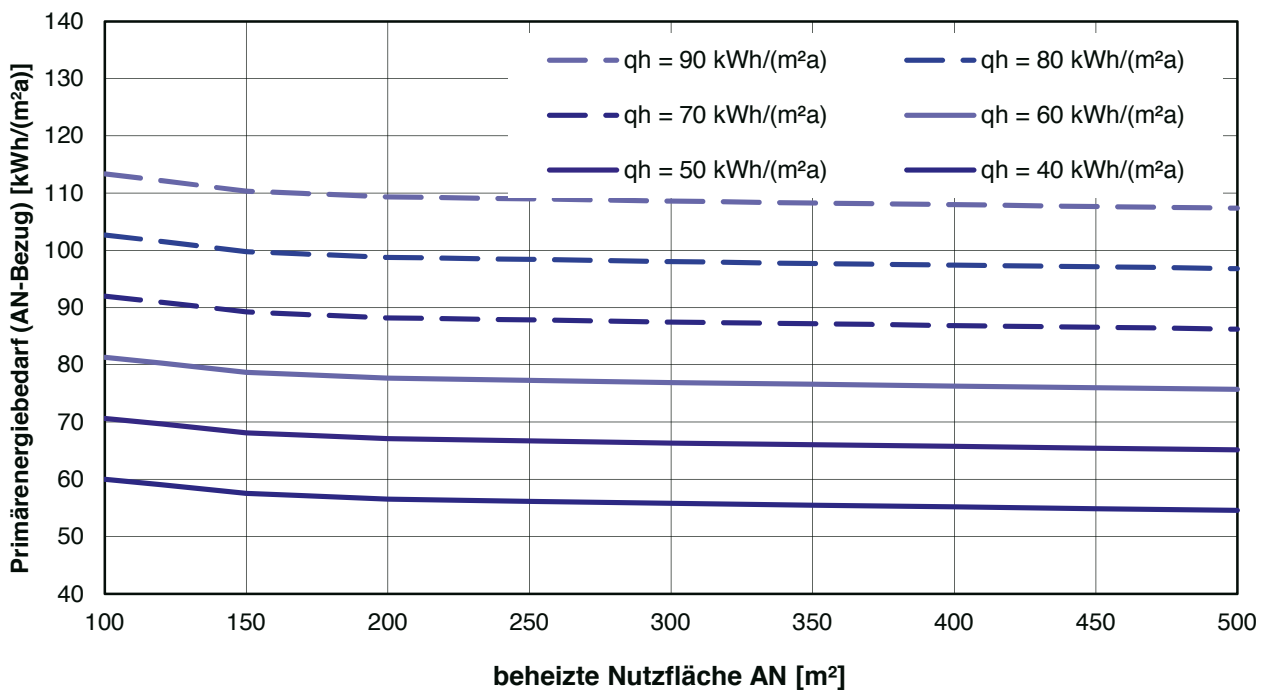
Monat	Heizwärmebedarf $Q_{h,M} = Q_{l,M} - \eta_M * Q_{g,M}$ (Zeile 126) $Q_{h,M}$ [kWh/Monat]	Wärmeverlust (bei Nachtabschaltung) abzüglich solarer Wärmegewinne opaker Bauteile (Zeile 121 - Zeile 110) $Q_{l,M}$ [kWh/Monat]	solare Wärmegewinne transparenter Bauteile und interne Wärmegewinne (Zeile 84 + Zeile 112) $Q_{g,M}$ [kWh/Monat]	Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne (Zeile 124) η_M [-]
Jan	2.082	3.168	1.086	1
Feb	1.746	2.719	973	1
Mrz	1.098	2.498	1.402	1
Apr	89	1.615	1.789	0,85
Mai	0	799	1.840	0,43
Jun	0	323	1.818	0,18
Jul	0	-63	1.796	0,00
Aug	0	22	1.712	0,01
Sep	1	772	1.500	0,51
Okt	338	1.661	1.366	0,97
Nov	1.571	2.550	979	1
Dez	2.255	3.196	941	1
Jahr	9.180	19.260	17.201	-



Anlage 1 - Brennwert-Kessel und solar unterstützte Trinkwassererwärmung

Nutzfläche $A_N < 500 \text{ m}^2$

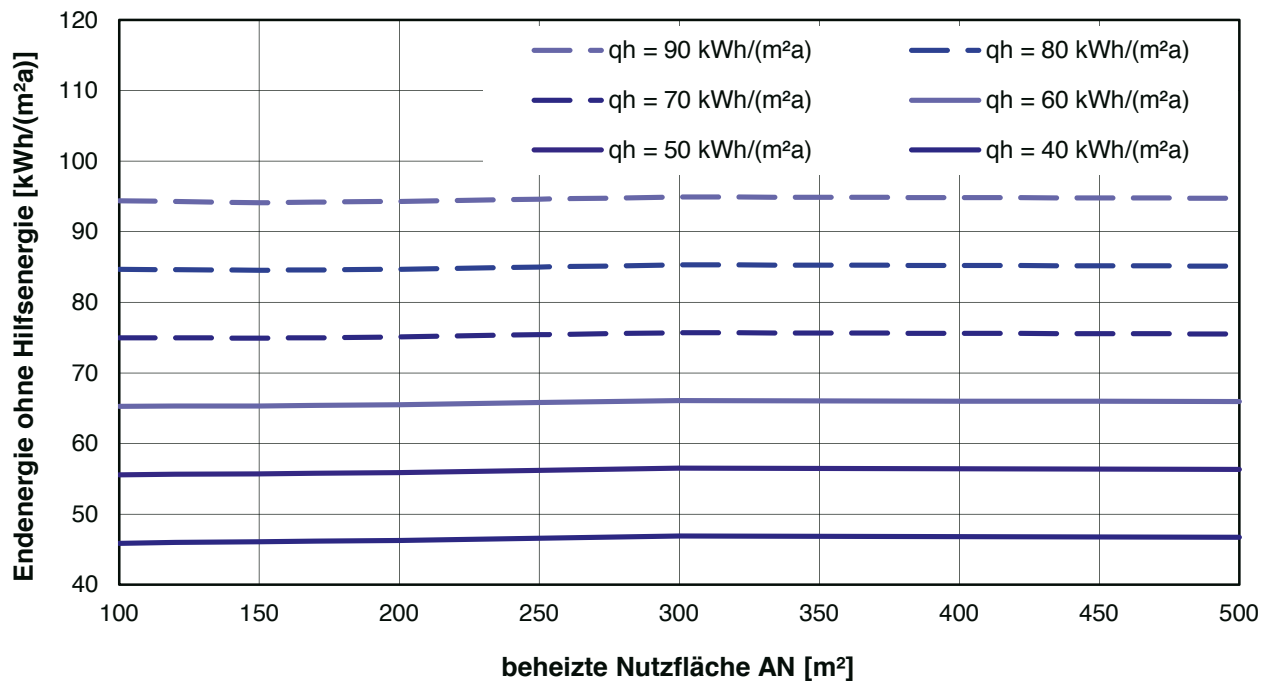
Trinkwasser-erwärmung	Verteilung	Verteilung innerhalb thermischer Hülle, ohne Zirkulation
	Speicherung	bivalenter Solarspeicher, Aufstellung innerhalb thermischer Hülle
	Erzeugung	zentral, Brennwertkessel und Flachkollektor
Heizung	Übergabe	Radiatoren, Anordnung im Außenwandbereich, Thermostatventile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



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

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

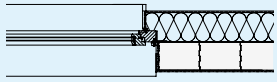
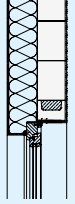
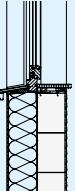
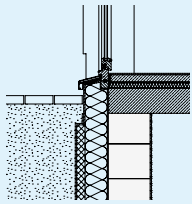
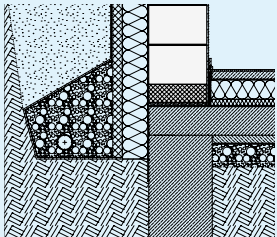
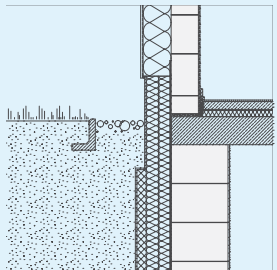
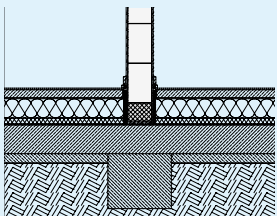
Endenergie $q_{WE,E}$ und $q_{HE,E}$

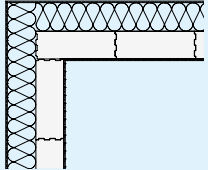
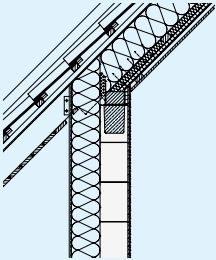
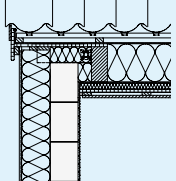
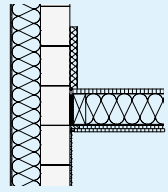


A_N in m^2	100	120	150	170	200	250	300	350	400	450	500
q_h in $kWh/(m^2a)$	Gesamt-Endenergie $q_{WE,E}$ in $kWh/(m^2a)$ (ohne Hilfsenergie)										
40	45,89	46,00	46,11	46,19	46,28	46,60	46,90	46,86	46,82	46,78	46,73
50	55,59	55,66	55,71	55,79	55,88	56,20	56,50	56,46	56,42	56,38	56,33
60	65,29	65,32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

Detaillierte Ermittlung ΔU_{WB} 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 ²⁾	-0,003	-0,054	
4	Bodenschwelle Terrassentür	2 · 1,00 + 2 · 1,50	5,00	2.5.9 ³⁾	-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 Wärmedurchgangs- koeffizient 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 $U_f = 1,7$ und 14 cm WDVS
 2) In der Ausgabe des KS-Wärmebrückenkatalogs aus dem Mai 2011 Detail Nr. 2.5.3
 3) In der Ausgabe des KS-Wärmebrückenkatalogs aus dem Mai 2011 Detail Nr. 2.5.5

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

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

Gültig bis: 2024 Registrierungsnummer ² [] (oder: Registrierungsnummer wurde beibehalten am...)

1

Gebäude	
Gebäudetyp	Einfamilienhaus
Adresse	Musterstraße 1, 12345 Musterhausen
Gebäudefoto	(freiwillig)
Baujahr Gebäude ³	2014
Baujahr Wärmeerzeuger ^{3,4}	2014
Anzahl Wohnungen	1
Gebäudenutzfläche (A _N)	214,5 <small>nach § 19 EnEV aus der Wohnfläche ermittelt</small>
Wesentliche Energieträger für Heizung und Warmwasser ³	
Erneuerbare Energien	Art: [] Verwendung: []
Art der Lüftung/Kühlung	<input checked="" type="checkbox"/> Fensterlüftung <input type="checkbox"/> Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung <input type="checkbox"/> Anlage zur Schachtlüftung <input type="checkbox"/> Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung <input type="checkbox"/> Kühlung
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input checked="" type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Modernisierung <input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig) <input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf (Anderung/Erweiterung)

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 Beleg dient die energetische Gebäudenzulassung 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 beigelegt (freiwillige Angabe).

Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

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

Aussteller
Dipl. Ing. Mustermann
Ing. Büro Mustermann
Musterweg 21
12345 Musterstadt¹ Angaben Aussteller

Ausstellungsdatum [] Unterschrift des Ausstellers []

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

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

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

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes Registrierungsnummer ² [] (oder: Registrierungsnummer wurde beibehalten am...)

2

Energiebedarf

Endenergiebedarf dieses Gebäudes **51.1 kWh/(m²a)** CO₂-Emissionen ³ [] kg/(m²a)

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes **59.0 kWh/(m²a)**

Anforderungen gemäß EnEV ⁴

Primärenergiebedarf Verfahren nach DIN V 4109-8 und DIN V 4701-10
Energieeffiziente Qualität der Gebäudehülle (H) Verfahren nach DIN V 18659
Isolationswert Wärmeverlust Regelung nach § 3 Absatz 5 EnEV
Sonnenstrahlwärmeschutz (bei Neubau) eingetragener Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV

Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

Endenergiebedarf dieses Gebäudes

[Pflichtangabe in Immobilienanzeigen] **51.1 kWh/(m²a)**

Angaben zum EEWärmeG ⁵

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

Art:	Deckungsanteil:	%
[]	[]	[]
[]	[]	[]
[]	[]	[]

Ersatzmaßnahmen ⁶

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

Die nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG verschärfen Anforderungen der EnEV sind eingehalten.

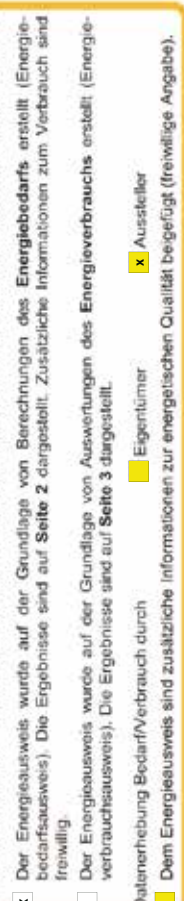
Die in Verbindung mit § 8 EEWärmeG um [] % verschärfen Anforderungen der EnEV sind eingehalten.

Versärfte Anforderungswert kWh/(m²a)

Versärfte Anforderungswert für die energetische Qualität der Gebäudehülle (H) W/(m²K)

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises ² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises
³ nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 15 Absatz 1 Satz 3 EnEV ⁴ nur bei Neubau im Fall der Anwendung von § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG
⁵ nur bei Neubau ⁶ nur bei Modernisierung

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 Endenergie- und Primärenergiebedarfswerte nach der EnEV pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A_N), die im Allgemeinen größer ist als die Wohnfläche des Gebäudes.

8.3 Variationen baulicher und anlagentechnischer Ausführungen

Um die baupraktischen Auswirkungen der Anforderungen und Möglichkeiten zur Erfüllung der EnEV 2014 mit den Anforderungsniveaus bis 31. Dezember 2015 (im Weiteren als EnEV 2014 bezeichnet) und ab 1. Januar 2016 (im Weiteren als EnEV 2016 bezeichnet) 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 die Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwände, des Daches und der Kellerdecke 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'_T), die Anlagenaufwandszahl e_p sowie der flächenbezogene End- (q_e) und Primärenergiebedarf (q_p) aufgeführt. Die sich aus einer Variante ergebenden geänderten Bilanzanteile am Jahres-Primärenergiebedarf sind in den Tafeln 13 und 14 dargestellt. 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 baulich sowie anlagentechnisch der Referenzausführung gemäß EnEV 2014.

8.3.1 Bauliche Randbedingungen

Auf der baulichen Seite wird für den Grundfall (Referenzausführung) angenommen, dass die Gebäude bei Einsatz einer Abluftanlage den Anforderungen an die

Tafel 11: Für die Variationen betrachtetes frei stehendes Einfamilienhaus

Gebäudedaten	Anforderung gemäß EnEV	
	EnEV 2014	2016
frei stehendes Einfamilienhaus		
Fensterflächenanteil Fassade Nord 15 %, Süd 35 %, Ost/West 25 %	$H'_T = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Ausführung der Wärmebrücken gemäß DIN 4108, Beiblatt 2	$q_p = 81,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$	$58,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$

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	Anforderung gemäß EnEV	
	EnEV 2014	2016
Wohngebäude 3-geschossig (Zweispänner)		
Fensterflächenanteil je Fassade 25 %	$H'_T = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$0,41 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Ausführung der Wärmebrücken gemäß DIN 4108, Beiblatt 2	$q_p = 56,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$	$41,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$

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

Gebäudedichtheit genügen, was durch eine Dichtheitsprüfung nachgewiesen wird. In diesem Fall wird ein Luftwechsel von 0,55 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 4 bis 9 für das EFH und in den Varianten 1 und 6 bis 8 für 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 Grundfall (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 auf-

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

8.3.3 Varianten

In Variante 2 wird auf eine Abluftanlage verzichtet. Hierdurch muss bei nach wie vor nachgewiesener Luftdichtheit der Luftwechsel auf 0,6 h⁻¹ angepasst werden. Bei Variante 3 wird der im Ausgangsfall eingesetzte Brennwertkessel durch eine Sole/Wasser-Wärmepumpe mit einer Spreizung von 35/28 °C ersetzt; dies gilt ebenfalls für die Variante 9. Als Wärmeübergabesystem wird für diesen Fall von einer

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]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]					[-]	[kWh/(m ² ·a)]			
EnEV-Anforderungsniveau 2014												
0	Referenzausführung	0,55	0,05	1,3/0,60	0,28	0,20	0,35	0,36	1,19	68,3	81,2	B
1	Wärmebrücken detailliert	0,55	0,02	1,3/0,60	0,35	0,24	0,34	0,36	1,19	68,1	81,0	B
2	Ohne Abluftanlage	0,6	0,05	1,3/0,60	0,28	0,20	0,35	0,36	1,15	69,3	80,9	B
3	Sole/Wasser-Wärmepumpe	0,55	0,05	1,3/0,60	0,30	0,30	0,40	0,40	0,72	22,7	54,4	A+
4	EEWärmeG (Ersatzmaßnahme)	0,6	0,02	0,90/0,55	0,20	0,20	0,26	0,26	1,25	55,6	68,3	B
5	KfW Effizienzhaus 70	0,55	0,02	0,90/0,55	0,15	0,15	0,18	0,22	1,24	46,3	56,6	A
6	KfW Effizienzhaus 55	0,6	0,02	0,90/0,55	0,15	0,15	0,18	0,22	0,90	32,7	43,4	A
7	KfW Effizienzhaus 40 (Biomasse WE)	0,6	0,02	0,90/0,55	0,11	0,12	0,18	0,20	0,49	38,3	22,1	A
EnEV-Anforderungsniveau 2016												
8	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
9	Verbesserter Wärmeschutz und LA 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
10	Sole/Wasser-Wärmepumpe	0,55	0,05	1,3/0,60	0,28	0,20	0,35	0,36	0,59	22,2	40,0	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]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]					[-]	[kWh/(m ² ·a)]			
EnEV-Anforderungsniveau 2014												
0	Referenzausführung	0,55	0,05	1,3/0,60	0,28	0,20	0,35	0,41	1,13	49,1	56,8	A
1	Wärmebrücken detailliert	0,55	0,02	1,3/0,60	0,32	0,25	0,35	0,41	1,13	48,9	56,6	A
2	Ohne Abluftanlage	0,6	0,05	1,3/0,60	0,28	0,20	0,32	0,41	1,07	50,3	56,6	B
3	Sole/Wasser-Wärmepumpe	0,55	0,05	1,3/0,60	0,36	0,30	0,60	0,50	0,66	16,1	38,6	A+
4	EEWärmeG (Ersatzmaßnahme)	0,6	0,05	0,90/0,55	0,20	0,20	0,35	0,33	1,03	39,8	48,2	A
5	KfW Effizienzhaus 70	0,6	0,05	0,90/0,55	0,24	0,20	0,35	0,35	0,82	31,8	39,5	A
6	KfW Effizienzhaus 55	0,6	0,02	0,90/0,55	0,15	0,16	0,18	0,26	0,77	24,2	31,2	A+
7	KfW Effizienzhaus 40 (Biomasse WE)	0,6	0,02	0,90/0,55	0,11	0,11	0,20	0,23	0,35	27,0	13,0	A+
EnEV-Anforderungsniveau 2016												
8	Verbesserter Wärmeschutz	0,55	0,02	0,90/0,55	0,18	0,15	0,30	0,28	1,06	36,3	41,6	A
9	Verbesserter Wärmeschutz und LA mit WRG	0,6	0,05	1,3/0,60	0,28	0,20	0,35	0,41	0,77	34,8	41,0	A
10	Sole/Wasser-Wärmepumpe	0,55	0,05	1,3/0,60	0,28	0,20	0,35	0,41	0,60	16,9	30,4	A+

Fußbodenheizung mit elektronischer Regelung ausgegangen. Variante 4 verzichtet auf die solar unterstützte Trinkwarmwasserbereitung und beschreibt den Fall einer 15 %igen Unterschreitung der EnEV-Anforderungswerte gemäß EEWärmeG für den Fall, dass kein regenerativer Energieträger zur Wärmebereitstellung eingesetzt wird (Ersatzmaßnahme). Hier wird neben den baulichen Anpassungen der Einsatz einer zentralen Zu-/Abluftanlage mit 80 % Wärmerückgewinnung (DC-Ventilatoren) ohne Nachheizung vorgesehen.

Das Einfamilienhaus in den Varianten 6 und 7 (KfW-Effizienzhaus 55 und 40) und das Mehrfamilienhaus in Variante 6 und 7 (KfW-Effizienzhaus 70, 55 und 40) sowie die jeweilige Variante 9 (Einhaltung der Anforderungen gemäß EnEV-Niveau 2016) werden ebenfalls mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Zur Erreichung des Niveaus KfW-Effizienzhaus 40 wird anstelle des Brennwertsystems in Verbindung mit solar unterstützter Trinkwarmwasserbereitung ein Biomasse-Wärmeerzeuger (Pelletkessel) in Ansatz gebracht.

8.3.4 Ergebnisse

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

Bei Verwendung einer Sole/Wasser-Wärmepumpe in Fall 3 fließt ein Anteil regenerativer Wärmeerzeugung in die Bilanz ein. 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 ein H'_T -Wert von 0,4 W/(m²·K) und für das Mehrfamilienhaus ein H'_T -Wert von 0,5 W/(m²·K) einzuhalten ist.

Für die Varianten 4, in denen auf die Solaranlage verzichtet wird, ergeben sich gemäß

EEWärmeG um 15 % verschärfte Anforderungen an den Primärenergiebedarf (EFH: 69,0 kWh/(m²·a); MFH: 48,3 kWh/(m²·a)) und an den spezifischen Transmissionswärmeverlust (EFH: 0,34 W/(m²·K); MFH: 0,43 W/(m²·K)). Nur bauliche Maßnahmen reichen in dem Beispiel nicht aus, um die verschärfte Anforderungswerte einzuhalten, zusätzlich wird eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) anstelle der reinen Abluftanlage im Ausgangsfall erforderlich.

Die Einhaltung der KfW-Effizienzhaus-Anforderungen ist bei dem EFH für das Effizienzhaus 70 durch rein bauliche Maßnahmen möglich. Wie zuvor erwähnt, werden erst für das Effizienzhaus 55 und das Effizienzhaus 40 eine Lüftungsanlage mit WRG sowie eine Anpassung bei der Wärmeübergabe durch elektronische Thermostate mit Optimierungsfunktion erforderlich. Das MFH erhält bereits in der Ausführung als Effizienzhaus 70 eine Lüftungsanlage mit WRG. Der Einsatz eines Wärmeerzeugers mit kleiner Anlagen-Aufwandszahl (Wärmepumpe oder Pelletkessel) ist beim Niveau Effizienzhaus 40 praktisch unumgänglich.

Ab dem 1. Januar 2016 greift das neue Anforderungsniveau, bei dem der zulässige Primärenergiebedarf um 25 % unterhalb des Referenzgebäude-Niveaus liegt. Für die betrachteten Beispiele bedeutet dies, dass die zulässigen Werte für das EFH $Q_{P,max} = 58,8$ kWh/(m²·a) und für das MFH $Q_{P,max} = 41,6$ kWh/(m²·a) betragen. Die Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmeverlusts resultieren aus dem Niveau des baulichen Wärmeschutzes gemäß Referenzausführung und betragen für das EFH $H'_T = 0,36$ W/(m²·K) und das MFH $H'_T = 0,41$ W/(m²·K). In Variante 8 ist die Einhaltung des Niveaus 2016 durch Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes und in Variante 9 durch zusätzlichen Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung berücksichtigt; es greift beim EFH jeweils die Primärenergieanforderung. Die Variante 10 zeigt bei Verwendung einer Sole/Wasser-Wärmepumpe das künftige Mindestniveau des Wärmeschutzes der Gebäudehülle.

Das EFH liegt beim Niveau der EnEV 2014 in der Variante Referenzausführung (Variante 0) in der Effizienzklasse B. Der Einsatz der Sole/Wasser-Wärmepumpe führt aufgrund des niedrigen Endenergiebedarfs zur Einstufung A+. Das EFH in der Variante KfW-Effizienzhaus 40 mit dem Biomasse-Wärmeerzeuger gelangt „nur“ in die Klasse 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 Beispielerrechnungen wird die Problematik der Klasseneinstufung deutlich: das MFH liegt in der Referenzausführung (Variante 0) beim Endenergiebedarf um 0,5 kWh/(m²·a) unter der Schwelle von 50 kWh/(m²·a) und wird in die Klasse A eingestuft, in der Variante 2 liegt der Endenergiebedarf um 0,7 kWh/(m²·a) über dem Schwellenwert und dies führt zur Einstufung in die Klasse B.

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 ΔU_{WB}

= 0,05 W/(m²·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-Wärmebrückenkatalog ein einfaches Hilfsmittel zur detaillierten Ermittlung und Bewertung von Wärmebrücken an. Er steht zum kostenlosen Download auf www.kalksandstein.de zur Verfügung.

9.3 Luftdichtheit

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

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

Die EnEV schreibt vor, dass bei Einsatz einer mechanischen Lüftungsanlage eine Dichtheitsprüfung durchgeführt werden muss. Wird bei natürlich belüfteten Gebäuden – diese Form der Lüftung wird in nächster Zukunft noch die am häufigsten anzutreffende sein – eine Dichtheitsprüfung durchgeführt und der genannte Anforderungswert eingehalten, darf im Nachweisverfahren ein Bonus in Ansatz gebracht werden. Mit den Kosten für eine Messung nach dem Blower Door-Verfahren von 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 Zugscheinungen 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 Wärmeerzeuger – insbesondere in Verbindung

Tafel 15: Ausführungsvarianten anlagentechnischer Maßnahmen beim EFH gemäß Tafel 11

Varianten	q_p [kWh/(m ² ·a)]		Differenz- Verfahren	Differenz zum Grundfall	
	DIN V 4108-6 DIN V 4701-10	DIN V 18599		DIN V 4108-6 DIN V 4701-10	DIN V 18599
BW (= Grundfall)	98,0	102,4	4 %		
BW+Solar	81,2	91,6	13 %	-17 %	-11 %
BW+WLA	85,7	92,5	8 %	-13 %	-10 %
BW+Solar+WLA	68,9	81,7	19 %	-30 %	-20 %
Sole/Wasser-WP	59,3	80,7	36 %	-39 %	-21 %

Tafel 16: Ausführungsvarianten anlagentechnischer Maßnahmen beim MFH gemäß Tafel 12

Varianten	q_p [kWh/(m ² ·a)]		Differenz- Verfahren	Differenz zum Grundfall	
	DIN V 4108-6 DIN V 4701-10	DIN V 18599		DIN V 4108-6 DIN V 4701-10	DIN V 18599
BW (= Grundfall)	68,0	81,1	19 %		
BW+Solar	56,8	71,8	26 %	-16 %	-11 %
BW+WLA	56,0	69,6	24 %	-18 %	-14 %
BW+Solar+WLA	44,9	63,1	41 %	-34 %	-22 %
Sole/Wasser-WP	40,3	58,3	45 %	-41 %	-28 %

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 hervorgerufen. In den Tabellen ist ein Bezugsfall „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 $[\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$ für beide Verfahren ist die prozentuale Abweichung zwischen den Rechenverfahren

angegeben („Differenz-Verfahren“). Für die Variantenbetrachtung sind weiterhin die jeweiligen Abweichungen zum Grundfall relevant, da diese abgesehen von der Grundabweichung die Empfindlichkeit der Verfahren gegenüber anlagentechnischen Maßnahmen darstellen. Im Einzelnen zeigen sich bei den Varianten folgende Ergebnisse:

- Bei „BW-Solar“ wird zusätzlich zum 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 allgemein die recht hohen Verbesserungen bei der Bewertung des Einsatzes von Wärmepumpen gemäß DIN V 4701-10 mit dem Verfahren der DIN V 18599 bei beiden Gebäuden nicht erreicht werden können.

Aus den dargestellten Berechnungen lässt sich ableiten, dass für die Ausweisung eines geringen Jahres-Primärenergiebedarfs das bisherige Verfahren (DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10) als vorteilhaft erscheint. Die Überprüfung der Einhaltung der Anforderung der Energieeinsparverordnung wird mit beiden Rechenverfahren gleich bewertet, da sowohl für das Referenzgebäude als auch für das zu errichtende Gebäude der gleiche Berechnungsansatz zu wählen ist.

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

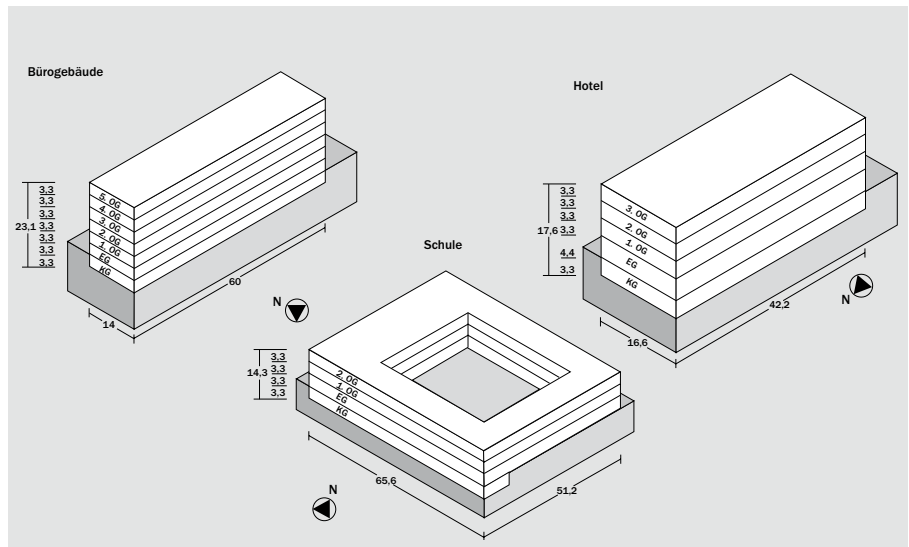


Bild 18: Bürogebäude, Schule und Hotel für die Beispielrechnung

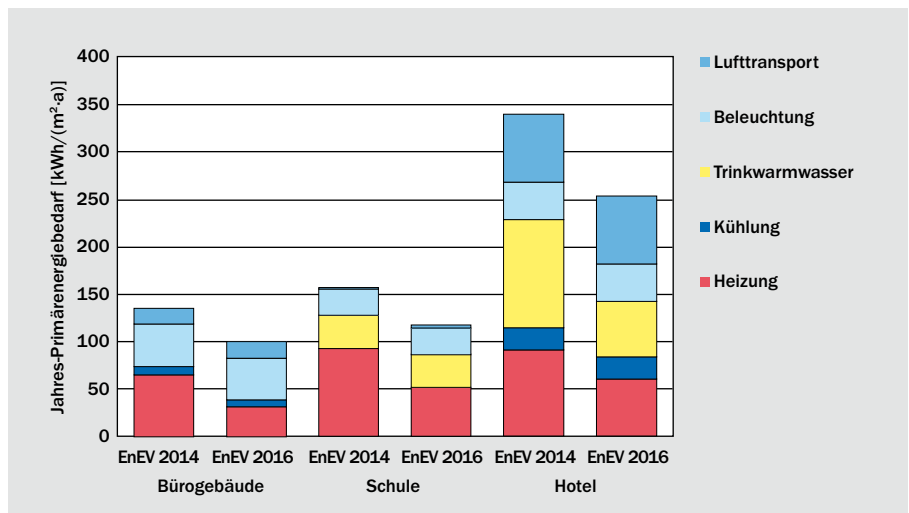


Bild 19: Jahres-Primärenergiebedarf für die Beispielgebäude mit zugrunde gelegter Referenz-Bau- und Anlagentechnik

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 18 – 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 ($g_{rot} = 0,06$); 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 ($g_{rot} = 0,06$); leichte 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 ($g_{rot} = 0,06$); 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 19 grafisch wiedergegeben. Hierbei sind die Niveaus der EnEV 2014 bis 2016 (EnEV 2014) und ab 2016 (EnEV 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/(m²·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 (m²·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.

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 für Deutschland 2013. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2013 (www.destatis.de)
- [10] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanz: BDEW-PGr „Nutzungsenergiebilanzen“; DIV. Stand: September 2010 (www.bdew.de)
- [11] Statistisches Bundesamt Deutschland: Bauen und Wohnen, Bewohnte Wohnungen nach überwiegender Heizungs- und Energieart, 2010 (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] Kalksandstein-Wärmebrücken-katalog, Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV, Hannover 2014
- [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

Beratung:

Kalksandstein-Bauberatung

Bayern GmbH

Rückersdorfer Straße 18

90552 Röthenbach a.d. Pegnitz

Telefon: 09 11/54 07 30

Telefax: 09 11/54 07 310

info@ks-bayern.de

www.ks-bayern.de

Kalksandsteinindustrie Nord e.V.

Lüneburger Schanze 35

21614 Buxtehude

Telefon: 0 41 61/74 33-60

Telefax: 0 41 61/74 33-66

info@ks-nord.de

www.ks-nord.de

Kalksandsteinindustrie Ost e.V.

Silder Moor 11

18196 Kavelstorf Berlin

Telefon: 0 30/25 79 69-30

Telefax: 0 30/25 79 69-32

info@ks-ost.de

www.ks-ost.de

Verein Süddeutscher

Kalksandsteinwerke e.V.

Mittelpartstraße 1

67071 Ludwigshafen

Telefon: 06 21/67 00-6100

Telefax: 06 21/67 00-6102

info@kalksandstein-sued.de

www.kalksandstein-sued.de

Kalksandsteinindustrie West e.V.

Barbarastraße 70

46282 Dorsten

Telefon: 0 23 62/95 45-0

Telefax: 0 23 62/95 45-25

info@ks-west.de

www.ks-west.de

