



**Energie sparen und
sich wohlfühlen –
ist doch ganz leicht**

Leichtbeton mit besten Werten



Bundesverband
Leichtbeton e.V.

Energie sparen auf hohem Niveau

Die Bedeutung des Wärmeschutzes bei Gebäuden wird mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) noch weiter angehoben. Dabei sind häufig Bedenken zu hören, wie mit den herkömmlichen Gebäudekonstruktionen die weiter verschärften Anforderungen überhaupt noch einzuhalten sind. Des Weiteren ist die Unsicherheit zu spüren, wie der erhöhte Rechenaufwand wirtschaftlich vertretbar zu bewältigen ist.

Festzustellen ist, dass es eine Vielzahl von Leichtbeton-Mauersteinen und -Elementen gibt, welche die Anforderungen der Energieeinsparverordnung als monolithische Außenwände ohne zusätzliche Dämm-Maßnahmen erfüllen. Leichtbeton besitzt wegen seiner haufwerksporigen Struktur und vor allem wegen der Verwendung der porigen Leichtzuschläge

eine hohe Wärmedämmung. Wände aus Leichtbeton-Baustoffen bestehen aus:

- Mauerwerk nach DIN 1053 oder bauaufsichtlicher Zulassung
- Hohlblöcken, Vollsteinen, Vollblöcken und Großblöcken aus Leichtbeton DIN V 18151-100 bis DIN V 18153-100
- Elementen nach DIN EN 1520
- Elementen nach DIN 4219

Daneben besteht mit Leichtbeton-Mauersteinen die Möglichkeit, die Hintermauerung mit hochfesten Leichtbetonsteinen mit geringen Wanddicken auszubilden und die notwendige Wärmedämmung durch eine zusätzliche Wärmedämmschicht – im Allgemeinen auf der Wandaußenseite – sicherzustellen.

Die Leichtbetonindustrie bietet ihren Kunden aber nicht nur die Baustoffe an, mit denen die Anforderungen der EnEV einfach zu erfüllen sind, sondern auch ein professionelles Rechenprogramm zu günstigen Konditionen, mit dem die Nachweise schnell, einfach, übersichtlich und zuverlässig durchgeführt werden können. Wegen der Auskünfte zum Bezug des Programms Helena 4.8 wenden Sie sich bitte an Ihren Leichtbeton-Lieferanten.



Die Einführung der EnEV bietet für alle Beteiligten große Chancen. Für den Bauherrn ergibt sich mehr Transparenz – der Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden wird möglich. Der Planer erlangt mehr Planungsfreiheit, denn seine Leistung wird nicht mehr vordergründig durch bauphysikalische Anforderungen an einzelne Bauteile eingengt. Das Baugewerbe schafft durch energetisch bewertete Neubauten die Nachfrage nach Modernisierung im Bestand. Die Industrie kann ihre hochentwickelten Produkte jetzt weltweit mit nachweisbaren energetischen Qualitätsmerkmalen anbieten. Und vor allem der Umweltschutz wird gewinnen, denn mit den Angaben zur Primärenergie im Energieausweis lassen sich die Wirkungen baulicher Maßnahmen auf Ressourcen und Klimaschutz transparenter machen.

Alle Fotos: Bundesverband Leichtbeton e.V.

Die neue EnEV: verschärfte Berechnungsverfahren, geänderte Anforderungen

Der Umweltschutz hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einem der zentralen Punkte deutscher Politik entwickelt. Infolgedessen wurde neben den Emissionen aus Industrie und Straßenverkehr auch dem Energieeinsatz für das Beheizen von Gebäuden verstärkt Beachtung geschenkt.

Auf der Basis des Energieeinspargesetzes von 1977 regeln seitdem getrennte Normen und Verordnungen die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz und den anlagentechnischen Wärmeschutz. Für den baulichen Wärmeschutz galt die Wärmeschutzverordnung, für den anlagentechnischen Wärmeschutz die Heizungsanlagenverordnung. Bei der Verabschiedung der zuletzt gültigen Wärmeschutzverordnung im August 1994 wurde aber bereits für das Jahr 2000 eine deutliche Verschärfung der Anforderungen und eine Zusammenführung sowohl der baulichen als auch der anlagentechnischen Anforderungen in einer Verordnung in Aussicht gestellt.

- Q_l Wärmeverluste
- Q_T Transmissionswärmeverluste
- Q_V Lüftungswärmeverluste
- Q_r Wärmegewinne
- Q_s Solare Wärmegewinne
- Q_i Interne Wärmegewinne
- Q Heizenergiebedarf
- Q_h Heizwärmebedarf
- Q_w Trinkwasserwärmebedarf
- Q_{Anl} Heizanlagenverluste

Im November 2001 erfolgte dann die Veröffentlichung der vom Bundesrat beschlossenen Energieeinsparverordnung im Bundesgesetzblatt. Mit dem In-Kraft-Treten der Verordnung im Februar 2002 kamen auf den Planer von Gebäuden einschneidende Änderungen zu. Bezogen sich früher die einzuhaltenden Grenzwerte beim baulichen Wärmeschutz auf den Jahres-Heizwärmebedarf und beim anlagentechnischen Wärmeschutz auf einzuhaltende Dämmdicken (Leitungsrohre), so muss jetzt neben dem Jahres-Heizwärmebedarf Q_h auch der Jahres-Primärenergiebedarf Q_p eingehalten werden. Dieser Jahres-Primärenergiebedarf berücksichtigt nicht nur die Energieverluste im betrachteten Gebäude, sondern auch die bei der Energieerzeugung und beim Transport zum Gebäude.

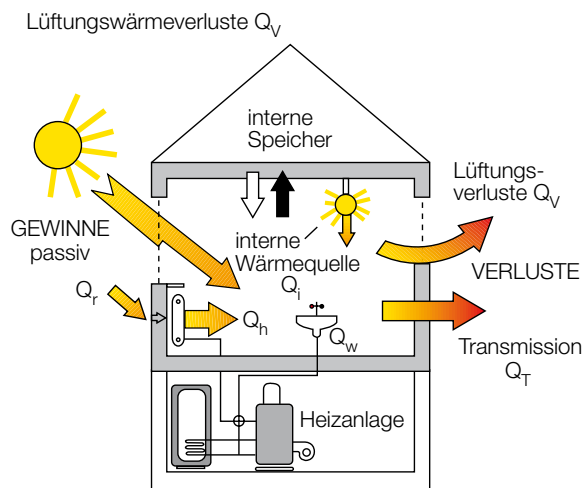


Bild 1: Einflussfaktoren beim Nachweis des Jahres-Primärenergieeinsatzes Q_p nach EnEV

Dementsprechend fließen über die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs Q_p eine große Anzahl verschiedener Faktoren ein:

- Anlagentechnik:
 - Trinkwasser-Wärmeenergiebedarf Q_w
 - Energetische Bewertung verschiedener Heizungsanlagen und Energieträger in der Aufwandszahl e_p
- Baulicher Wärmeschutz:
 - Jahres-Heizwärmebedarf (Q_h)
 - Transmissionswärmeverlust unter Berücksichtigung der Wärmebrückenverluste (Q_T)
 - Lüftungswärmeverluste (Q_V)
 - Solare Wärmegewinne (Q_s)
 - Interne Wärmegewinne (Q_i)
 - Lüftung (Q_r)

Umdenken gefordert

Die Abhängigkeiten für das Erfüllen der Anforderungen in der neuen EnEV 2007 haben sich damit gegenüber den früheren Versionen, bei denen meist nur einzelne Bauteile isoliert betrachtet wurden, verschoben:

- Der Jahres-Heizenergiebedarf hängt wesentlich vom Verhältnis der wärmeübertragenden Umfassungsfläche zum beheizten Gebäudevolumen ab.

- Bei Gebäuden mit einem Fensterflächenanteil über 30 % werden für den sommerlichen Wärmeschutz maximal zulässige Sonneneintragswerte angesetzt, damit im Sommer nicht zusätzlich gekühlt werden muss.

- Wärmebrücken werden genauer als bisher erfasst und in die Planung einbezogen.

- Beim Nachweis geht die Dichtheit der Gebäudehülle positiv in die Berechnung ein. Den ausführenden Handwerkern sollte frühzeitig mitgeteilt werden, dass die Luftdichtheit geprüft wird. Erfahrungsgemäß fördert dies die Sorgfalt der Bauausführung.

Ein Energieausweis soll die Höhe des Jahres-Heizenergiebedarfs einschließlich des Aufwandes für die Warmwasserbereitung ausweisen. Käufer eines Gebäudes können dann diesem Energieausweis die energetische Qualität des Objekts entnehmen. Wer also für einen hohen Wiederverkaufswert seines Hauses sorgen will, sollte in eine qualitativ hochwertige Gebäudehülle schon beim Neubau investieren. Heizungs-, Lüftungs- und Wärmetauscheranlagen lassen sich einfach nachrüsten, die bereits fertiggestellte Gebäudehülle jedoch kaum oder nur mit finanziell hohem Aufwand.

Die Berechnungsverfahren für Neubauten

Die neue EnEV lässt zwei verschiedene Nachweisverfahren zu, das vereinfachte **Heizperiodenbilanzverfahren** und das **Monatsbilanzverfahren**. Das Monatsbilanzverfahren führt zwar zu günstigeren Ergebnissen, ist aber sehr komplex und meist nur mit Hilfe eines EDV-Programms zu bewältigen. Das Diagrammverfahren greift auf Musteranlagen zurück beim Tabellenverfahren nach DIN V 4701-10 besteht die Möglichkeit der detaillierten Berechnung. Dabei werden Trinkwasser, Lüftung und

Heizung getrennt voneinander betrachtet und daraus eine Zahl ermittelt.

Die Berechnungsformeln sind in der Verordnung und in den zugehörigen Normen geregelt. So wird der Jahres-Heizenergiebedarf z. B. nach DIN V 4108-6 bestimmt. Die Berechnung der Kennwerte für die An-



Energieeinsparung Schritt für Schritt

Der Aufbau der EnEV ist logisch und an der Praxis orientiert, er gliedert sich wie folgt: Nach den allgemeinen Vorschriften im Abschnitt 1 werden in den Abschnitten 2 und 3 die Arten der zu errichtenden bzw. der bestehenden Gebäude definiert. Abschnitt 4 behandelt die heizungstechnischen Anlagen und Anlagen zur Bereitung von Warmwasser.

Die Anforderungen sind in den fünf Anlagen der EnEV aufgeführt.

Die Methodik zum Nachweis neu zu errichtender Gebäude und bestehender Gebäude und Anlagen lässt eine übersichtliche Einteilung der Verfahren (s. Tafel 1 und Bild 2) in einzelne Arbeitsschritte zu.

Schritt 1 hebt mit der Ermittlung des A/V-Verhältnisses (A = wärmeübertragende Umfassungsfläche, V = beheiztes Gebäudevolumen) die besondere Bedeutung der Gebäudegeometrie hervor. Energetisch günstig sind kleine A / V-Werte, d. h. kompakte Gebäude, z. B. Mehrfamilienhäuser.

Schritt 2 führt zur Ermittlung der maximal zulässigen Bedarfswerte.

Schritt 3 beinhaltet nach Auswahl des Wärmedämmstandards und des Heizsystems, die Berechnungen von Jahres-Heizwärmebedarf Q_h und Anlagen-Aufwandszahl e_p .

Schritt 4 errechnet aus den ermittelten Werten den Jahres-Primärenergiebedarf Q_p .

Schritt 5 überprüft, ob die Anforderungen

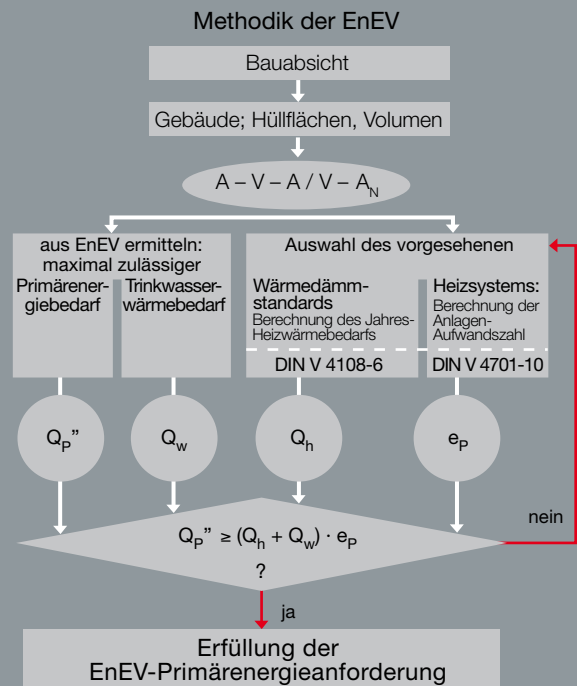


Bild 2: Methodik der EnEV

Tafel 1: Inhalt der EnEV im Überblick (Auszug)

Abschnitt 2
Zu errichtende Gebäude
§ 3 Gebäude mit normalen Innentemperaturen
§ 4 Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen
§ 5 Dichtheit, Mindestluftwechsel
§ 6 Mindestwärmeschutz, Wärmebrücken
§ 7 Gebäude mit geringem Volumen
Abschnitt 3
Bestehende Gebäude und Anlagen
§ 8 Änderung von Gebäuden
§ 9 Nachrüstung bei Anlagen und Gebäuden
§ 10 Aufrechterhaltung der energetischen Qualität
Abschnitt 4
Heizungstechnische Anlagen, Warmwasseranlagen
§ 11 Inbetriebnahme von Heizkesseln
§ 12 Verteilungseinrichtungen und Warmwasseranlagen
Abschnitt 5
Gemeinsame Vorschriften, Ordnungswidrigkeiten
§ 13 Ausweise über Energie- und Wärmebedarf, Energieverbrauchskennwerte
§ 14 Getrennte Berechnungen für Teile eines Gebäudes
§ 15 Regeln der Technik

Erst verstehen, dann planen

Um mit der Energieeinsparverordnung wirtschaftlich arbeiten zu können, muss man die Bedeutung der eingehenden Faktoren richtig verstehen. Nur so kann man diese Faktoren schon bei der Vorplanung berücksichtigen.

Primärenergie/Nutzenergie

Der ganzheitliche Ansatz der EnEV wird besonders deutlich dadurch, dass über die Ermittlung und Begrenzung des Primärenergiebedarfs nicht nur die Energieverluste im betrachteten Gebäude berücksichtigt werden, sondern auch die Verluste, die außerhalb des Hauses entstehen. Bild 3 zeigt eine schematische Darstellung.

Die Bedeutung dieser Verluste für eine Gesamtenergiebilanz zeigt sich deutlich am Beispiel der Beheizung mit Strom. Um 100% abgegebene Wärme einer Heizung im Haus (Nutzenergie) zu erreichen, müssen 300% Primärenergie (im Kraftwerk) erzeugt werden. 60% der Energieverluste entstehen dabei im Kraftwerk.

Die Verluste sind je nach Energieträger und Anlage unterschiedlich hoch. So sind bei einem Gas-Brennwertkessel nur 112% Primärenergie einzusetzen, um 100% abgegebene Wärme zu erreichen. Diese Abhängigkeiten gehen durch die Anlagen-Aufwandszahlen entsprechend in die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs ein.

Energiebilanz

Die Energieeinsparverordnung verlangt vom Planer eine Energiebilanz jedes geplanten Gebäudes. Dabei gehen verschiedene, dem Planer vom WSVO-Nachweis bekannte, teils auch neue Faktoren in die Bilanzierung ein:

$$\begin{aligned}
 &\text{Jahres-Primärenergiebedarf } Q_p \\
 &+ \text{ Transmissionswärmeverluste } (Q_t) \\
 &+ \text{ Lüftungswärmeverluste } (Q_v) \\
 &- \text{ solare Wärmegewinne } (Q_s) \\
 &- \text{ interne Wärmegewinne } (Q_i) \\
 &+ \text{ Aufwand für Warmwassererzeugung} \\
 &\quad - \text{ Verluste der Anlagentechnik} \\
 &\quad \quad \text{inklusive Verluste bei Veredelung} \\
 &\quad \quad \text{und Transport} \\
 &\quad - \text{ Kühlung } (Q_p)
 \end{aligned}$$

Bei den **Transmissionswärmeverlusten** (Q_t) handelt es sich um Verluste an Wärmeenergie über die Bauteile der Gebäudehülle. Hier spielt der frühere k-Wert, heute U-Wert genannt, als Wärmedurchgangskoeffizient die maßgebliche Rolle.

Die **Lüftungswärmeverluste** (Q_v) berücksichtigen die Verluste von Wärmeenergie z. B. durch das Öffnen von Fenstern oder durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle.

Wärmegewinne ($Q_s + Q_i$) sind durch Sonneneinstrahlung und durch die Wärmeabgabe, z. B. elektrischer Geräte möglich.

Im Haus entstehen bei der Erzeugung von Warmwasser und von Heizwärme **Energieverluste der Anlagentechnik**. Außerhalb des Hauses verursachen Transport und Veredelung der Energieträger wie Erdöl, Gas und Strom Energieverluste, die – wie bereits beschrieben – ebenfalls berücksichtigt werden.

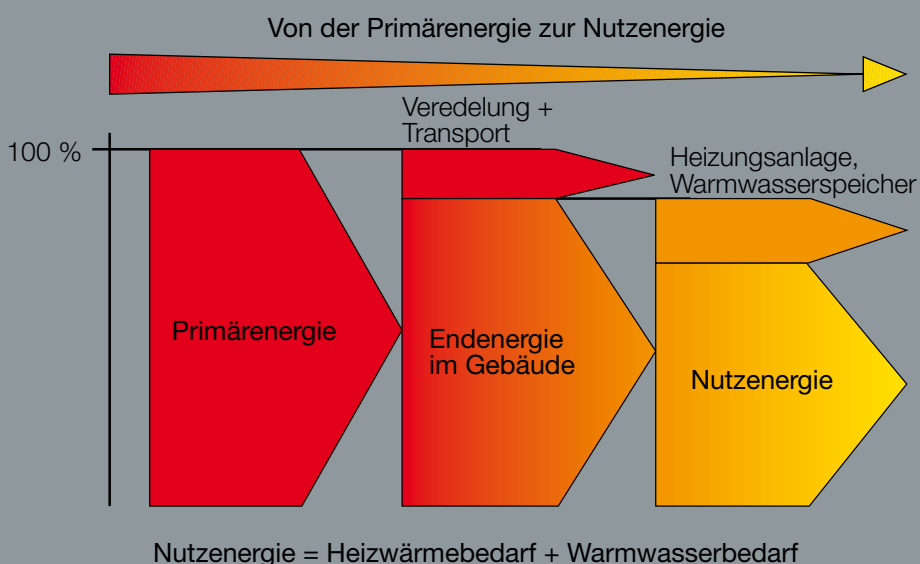


Bild 3: Energieverluste von der Primärenergie bis zur Nutzenergie

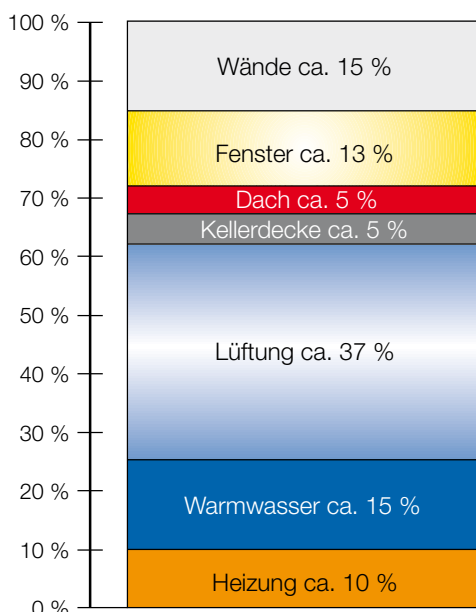
Nachweismethoden der EnEV

Einflussgrößen beim Nachweis

Das Ergebnis eines Nachweises nach EnEV wird von den zu berücksichtigenden Faktoren unterschiedlich stark beeinflusst. Die größten Auswirkungen darauf, ob die Anforderungen erfüllt werden oder nicht, hat der Jahres-Heizwärmebedarf. Doch auch der Einfluss von Wärmebrücken und die Gebäudedichtheit sind nicht zu vernachlässigen.

75 % des Jahres-Primärenergiebedarfs wird damit von der energetischen Qualität und Dichtheit der Gebäudehülle bestimmt. Dies führt deutlich vor Augen, dass sich beim Neubau Investitionen in die bauphysikalischen Eigenschaften der Gebäudehülle auszahlen. Baustoffe und Konstruktion von Wänden, Decken und Dächern sollten also schon beim Bauen des Hauses so gewählt werden, dass die Wärmeverluste möglichst gering sind. Ein späteres Nachrüsten der Gebäudehülle ist dabei bautechnisch und wirtschaftlich wesentlich aufwendiger als ein Nachrüsten von Heizungs- und/oder Warmwasseranlagen.

Bild 4: Anteilige Wärmeverluste eines Gebäudes nach EnEV



Die Energieeinsparverordnung bietet zwei Nachweisverfahren an, zwischen denen der Planer für den Nachweis seiner Gebäude wählen darf. Dies sind:

- das Heizperiodenbilanzverfahren (Jahresbilanzverfahren; anwendbar bei Wohngebäuden > 19 °C, jährlich länger als 4 Monate beheizt, Fensterflächenanteil ≤ 30 %) und
- das Monatsbilanzverfahren.

Das Monatsbilanzverfahren ist sehr detailliert und lässt sich wohl nur noch mittels eines EDV-Programms erstellen.

Es ist daher zu erwarten, dass das weniger komplexe Heizperiodenbilanzverfahren verwendet wird. Dieses Verfahren wird auch als Handrechenverfahren bezeichnet. Aus dem Begriff ergibt sich, dass dieses Verfahren auch ohne EDV-Programm angewendet werden kann. Allerdings wird mit Helena 4.8 auch für dieses sogenannte vereinfachte Verfahren ein EDV-Programm angeboten.

Wesentlich ist, dass das bisherige Bauteilverfahren der WSVO '95, das die k-Werte (heute U-Werte) für einzelne Bauteile nach oben begrenzte, in der neuen Energieeinsparverordnung nicht mehr enthalten ist.

Heizperiodenbilanzverfahren

Bei diesem Verfahren ist von Nachteil, dass Energiegewinne, die beispielsweise durch Glasvorbauten etc. entstehen, nicht berücksichtigt werden können. Der Planer erreicht zwar mit weniger Rechenaufwand das Ergebnis, es kann jedoch der Fall auftreten, dass für ein Gebäude, das beim Nachweis mit dem Heizperiodenbilanzverfahren die Anforderungen der EnEV nicht erfüllt, der Nachweis mit dem Monatsbilanzverfahren erfolgreich wäre.

Der Rechengang wird in der nachfolgenden Tafel 2 dargelegt.

Monatsbilanzverfahren

Während beim vereinfachten Verfahren zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs pauschal eine ganze Heizperiode betrachtet wird, muss im Monatsbilanzverfahren der Heizwärmebedarf monatsweise nach der Gleichung:

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

berechnet werden mit:

- $Q_{h,M}$: der monatliche Heizwärmebedarf
- $Q_{i,M}$: die monatlichen Wärmeverluste
- $Q_{g,M}$: die monatlichen Wärmegewinne
- η_M : der monatliche Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne

Der Jahres-Heizwärmebedarf ergibt sich aus der Summe der Monate mit positiver Bilanzsumme zu:

$$Q_h = \sum_M Q_{h,M/pos}$$

Die monatlichen Wärmeverluste $Q_{i,M}$ eines Gebäudes berechnen sich aus den Transmissionswärmeverlusten H_T und den Lüftungswärmeverlusten H_V zu:

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

mit

$Q_{i,M}$: die monatlichen Wärmeverluste [kWh]

0,024: Faktor in kWh = 1 Wd

H_T : die spezifischen Transmissionswärmeverluste [W/K]

H_V : die spezifischen Lüftungswärmeverluste [W/K]

θ_i : die Innentemperatur (+19 °C)

$\theta_{e,M}$: die mittlere Außenlufttemperatur des betrachteten Monats

t_M : die Anzahl der Tage des betrachteten Monats [d]

Tafel 2: Rechengang zur Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs Q_h

Zu ermittelnde Größe	Gleichung	Zu verwendende Randbedingungen										
Jahres-Heizwärmebedarf Q_h	$Q_h = 66 (H_T + H_V) - 0,95 (Q_s + Q_i)$											
Spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T	$H_T = \sum (F_{xi} U_i A_i) + 0,05 A$	Es sind die festgelegten Temperatur-Korrekturfaktoren F_{xi} zu verwenden. Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile U_i sind nach DIN EN ISO 6946: 1996-11 zu ermitteln. Die Flächen der Bauteile A_i sind mit Außenmaßen zu ermitteln. Die wärmeübertragende Umfassungsfläche A ist nach EnEV zu ermitteln.										
Bezogen auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche	$\frac{H'_T = H_T}{A}$											
Spezifischer Lüftungswärmeverlust H_V	$H_V = 0,19 V_e$	Diese Gleichung ist zu verwenden, wenn keine Dichtheitsprüfung nach DIN EN 13 829 durchgeführt wird.										
	$H_V = 0,163 V_e$	Diese Gleichung ist zu verwenden, wenn eine Dichtheitsprüfung nach DIN EN 13 829 durchgeführt wird.										
Solare Gewinne Q_s	$Q_s = \sum (I_{s,j,HP} \sum 0,567 g_j A_j)$	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">Solare Einstrahlung</td> <td style="text-align: right;">$\sum (I_{s,j,HP})$:</td> </tr> <tr> <td>Südost bis Südwest</td> <td style="text-align: right;">270 kWh/m²a</td> </tr> <tr> <td>Nordwest bis Nordost</td> <td style="text-align: right;">100 kWh/m²a</td> </tr> <tr> <td>übrige Richtungen</td> <td style="text-align: right;">155 kWh/m²a</td> </tr> <tr> <td>Dachflächenfenster (Neigung < 30°)</td> <td style="text-align: right;">225 kWh/m²a</td> </tr> </table> <p>Die Flächen der Fenster A_j mit der Orientierung j (Süd, West, Ost, Nord und horizontal) ist nach den lichten Maueröffnungsmaßnahmen zu ermitteln. Der wirksame Gesamtenergiedurchlassgrad g_j ist nach DIN V 4108-6: 2000-00 in Verbindung mit DIN EN 410: 1998-12 zu ermitteln. Der dazu notwendige Gesamtenergiedurchlassgrad für senkrechte Einstrahlung kann technischen Produkt-Spezifikationen entnommen werden.</p>	Solare Einstrahlung	$\sum (I_{s,j,HP})$:	Südost bis Südwest	270 kWh/m ² a	Nordwest bis Nordost	100 kWh/m ² a	übrige Richtungen	155 kWh/m ² a	Dachflächenfenster (Neigung < 30°)	225 kWh/m ² a
Solare Einstrahlung	$\sum (I_{s,j,HP})$:											
Südost bis Südwest	270 kWh/m ² a											
Nordwest bis Nordost	100 kWh/m ² a											
übrige Richtungen	155 kWh/m ² a											
Dachflächenfenster (Neigung < 30°)	225 kWh/m ² a											
Interne Gewinne Q_i	$Q_i = 22 A_N$	Gebäudenutzfläche A_N ist nach EnEV zu ermitteln.										

In die monatlichen Wärmegewinne $Q_{g,M}$ eines Gebäudes gehen die monatlichen solaren Wärmegewinne $\Phi_{s,M}$ und die monatlichen internen Wärmegewinne $\Phi_{i,M}$ ein:

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

mit:

$Q_{g,M}$: die Wärmegewinne im Monatsmittel [kWh]

$\Phi_{s,M}$: die mittleren monatsbezogenen solaren Strahlungs-Wärmegewinne [W]

$\Phi_{i,M}$: die monatsbezogenen internen Wärmegewinne [W]

t_M : die Anzahl der Tage des betrachteten Monats [d]

Der Jahres-Heizwärmebedarf ist Eingangsgröße zur Bestimmung des Jahres-Primärenergiebedarfs. Zu dem Jahres-Heizwärmebedarf Q_h wird zur Erfassung des Nutzwärmebedarfs für die Warmwasserbereitung ein feststehender Wert Q_w von 12,5 kWh/(m²·a) addiert:

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

Energieausweis

Für zu errichtende Gebäude mit normalen Innentemperaturen werden die wesentlichen Ergebnisse der nach EnEV erforderlichen Berechnungen in einem Energieausweis zusammengestellt. Dies sind insbesondere:

- die Transmissionswärmeverluste,
- die Anlagenaufwandszahl für Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung,
- der Ansatz zur Berücksichtigung der Wärmebrücken,
- das Dichtheitskonzept des Gebäudes und der Nachweis,
- der Endenergiebedarf nach einzelnen Energieträgern,
- der Jahres-Primärenergiebedarf.

Dieser Energieausweis ist der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen und Käufern, Mietern und sonstigen Nutzungsberechtigten der Gebäude auf Anforderung zur Einsichtnahme zugänglich zu machen.



Unerwünschte Brückenschläge

Das Brückenschlagen hat eigentlich eine sehr positive Bedeutung, in der Bauphysik jedoch nicht. Wärmebrücken entstehen überall dort, wo die wärmedämmende Außenhülle aus konstruktiven Gründen unterbrochen wird. Man unterscheidet dabei stoffliche, geometrische und konvektive Wärmebrücken.

An diesen Stellen kann verstärkt Wärme entweichen. Die Oberflächentemperatur ist kühler und es kann zu Tauwasserausfall kommen. Daneben erhöhen diese Wärmeverluste natürlich auch die Heizkosten.

Mit der EnEV werden mögliche Wärmebrücken über einen bestimmten Zuschlag im Nachweis berücksichtigt. Im **ungünstigsten** Fall geschieht dies mit einem Wärmebrückenkoeffizienten $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ als pauschalem Zuschlag auf die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche A. Nach Prof. W. H. Pohl kann dies bei einem

Einfamilienhaus mit 150 m^2 Wohnfläche eine Steigerung von rund 30 % bedeuten und zusätzliche Mehrausgaben für Dämmmaßnahmen bis zu 6.500 Euro verursachen.

Im Beiblatt 2 zur DIN V 4108 sind Beispiele aufgeführt, die als „**wärmebrückenarm**“ gelten. Bei einer Ausführung gemäß dieser Details kann der Zuschlag auf den Wärmebrückenkoeffizienten ΔU_{WB} halbiert werden: $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche A. Damit reduziert sich am Beispiel des oben genannten Einfamilienhauses der Mehraufwand für Dämmmaßnahmen auf bis zu 3.250 Euro.

Daneben bietet die EnEV im Monatsbilanzverfahren auch die Möglichkeit, **optimierte Wärmebrücken** nachzuweisen. Die Berücksichtigung der Wärmebrücken erfolgt dann über den genauen Nachweis der einzelnen

Wärmebrücken nach DIN EN 10211-1: 1995 und DIN EN 10211-2: 1994, d.h. den ermittelten tatsächlichen Wert als längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ -Wert. Dieser Wert kann auch Wärmebrückenkatalogen entnommen werden. Mit diesem genau ermittelten Wert reduziert sich am genannten Beispiel der Einfluss der Wärmebrücken bis auf weniger als 2 % und der erforderliche Mehraufwand für Dämmmaßnahmen auf bis zu 1.625 Euro.

Auch hier zeigt sich, dass die EnEV rechnerischen Mehraufwand beim Nachweis durch geringeren Aufwand bei den Dämmmaßnahmen belohnt.

Monolithische Wandkonstruktionen, wie sie mit Leichtbeton-Bauteilen gemäß EnEV problemlos möglich sind, erleichtern dabei wärmebrückenarme Ausführungen besonders bei Anschlüssen an andere Bauteile erheblich.

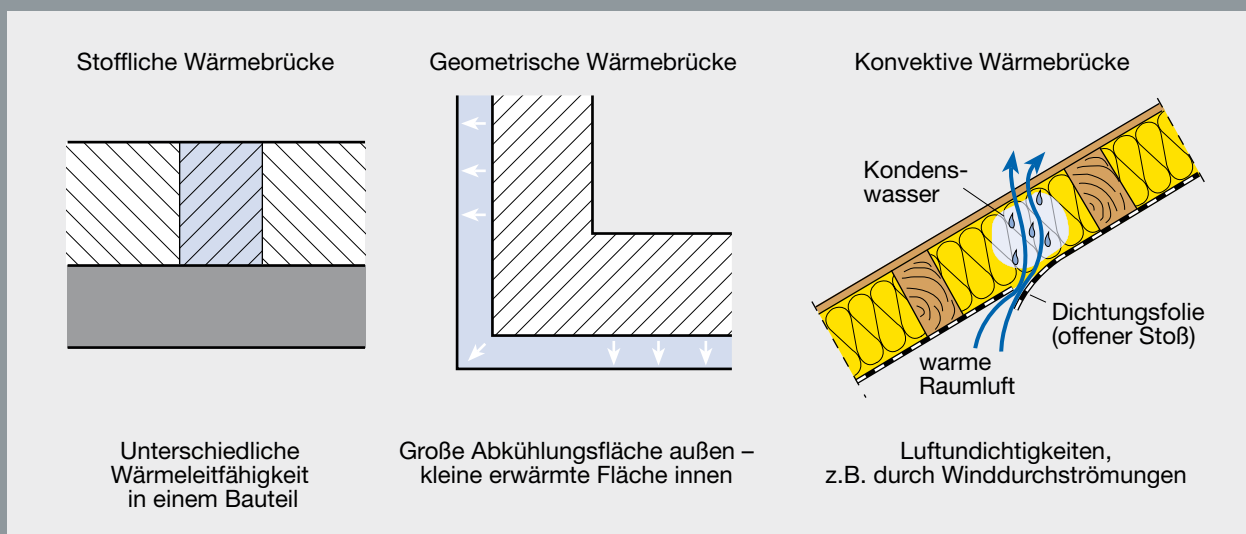


Bild 5: Unterscheidung der Wärmebrücken

- Stoffliche Wärmebrücke mit unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten in einem Bauteil
- Geometrische Wärmebrücke mit großer Abkühlungsfläche außen und kleiner erwärmter Fläche innen
- Konvektive Wärmebrücke bei Luftundichtigkeiten, z.B. durch Winddurchströmungen

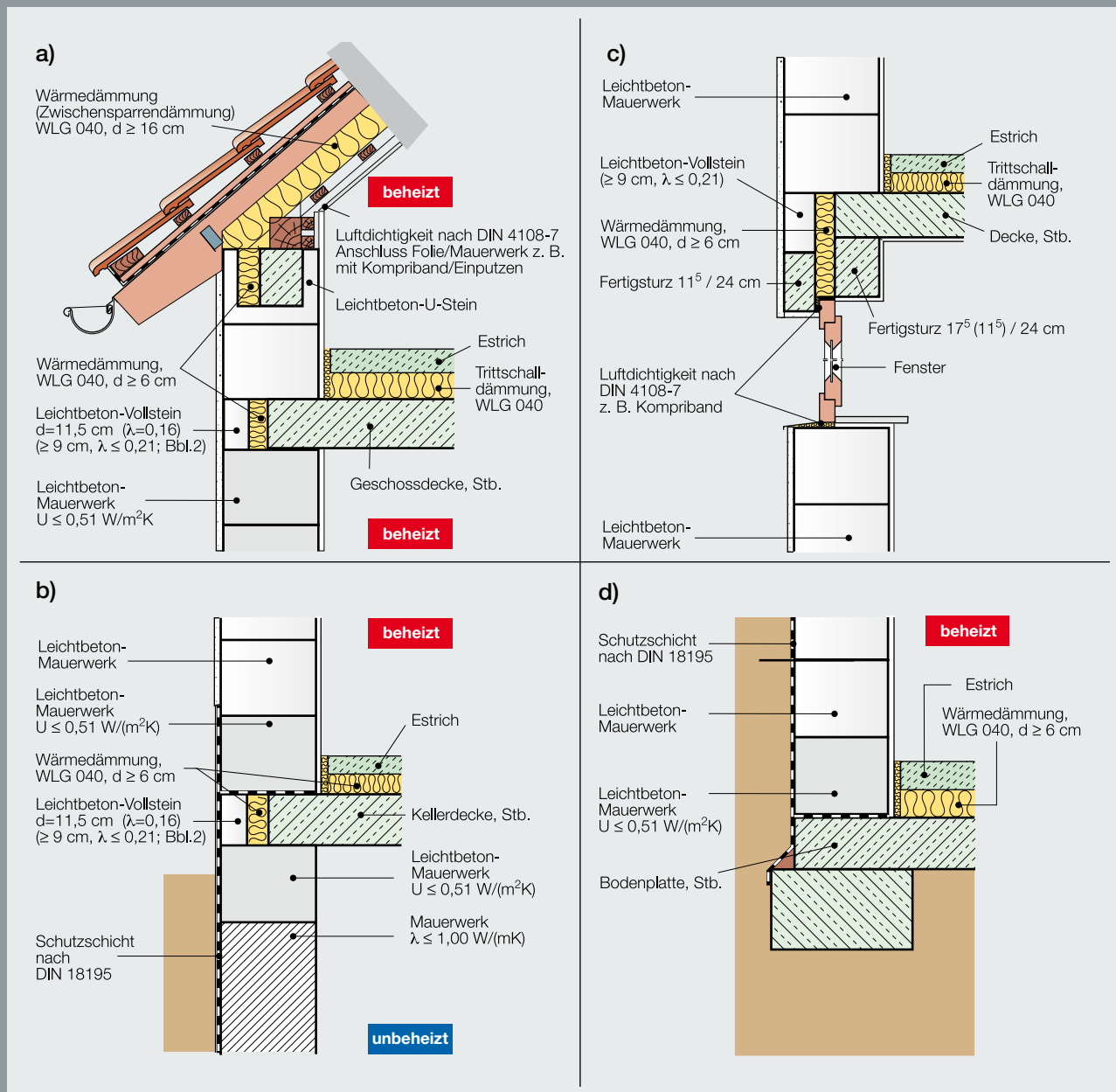


Bild 6: Reduzierung des Wärmebrückeneinflusses
 a) Sparrendach – monolithisches Mauerwerk
 b) Kellerdecke – monolithisches Mauerwerk
 Kellergeschoss unbeheizt; Wärmedämmung nicht gesplittet
 c) Fenster – Sturz/Fenster – Brüstung
 d) Bodenplatte – monolithisches Mauerwerk
 Kellergeschoss beheizt; Wärmedämmung nicht gesplittet

Mit massivem Speicher sparen

Wie alle massiven Baustoffe verfügt Leichtbeton über ein hervorragendes Wärmespeichervermögen. Dieser – gerade im mitteleuropäischen Klima mit häufig wechselnden Außentemperaturen und Sonnentagen – bedeutende Vorteil kann nun beim Nachweis gemäß EnEV genutzt werden. Bild 7 – entnommen aus der „Parameterstudie über energetische Einflussgrößen auf den Heizenergiebedarf von Gebäuden“ von Werner – zeigt die Größe des positiven Einflusses von Massivbaustoffen auf den Heizenergiebedarf.

Die Berücksichtigung des Wärmespeichervermögens erfolgt über die wirksame Wärmespeicherung c_{wirk} als Abschlag auf das gesamte Gebäudevolumen V_e . Dieser Wert berücksichtigt, dass nur ein Teil der Wärmegewinne aus Wärmespeicherung genutzt werden kann. Die Wärme dringt in die massiven speichernden Bauteile ein und wird zeitlich verzögert an den Raum abgegeben. Dies führt zu einer konstanten Raumtemperatur und spart Heizenergie.

Im vereinfachten Verfahren kann der Wert wie folgt angenommen werden, oder detailliert ermittelt werden:

■ Leichtbauweise:

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

■ Mauerwerk:

$$c_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) \cdot V_e$$

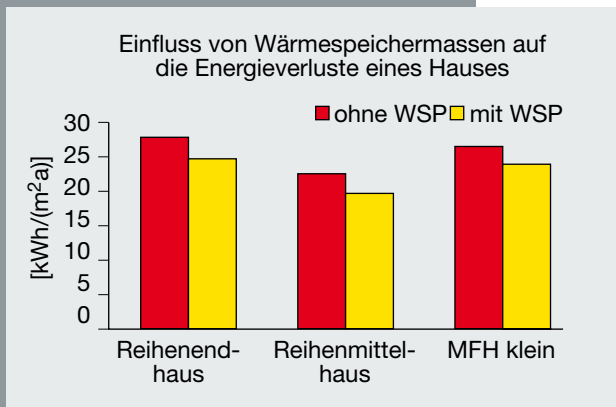


Bild 7: Beispiel für den Einfluss der Wärmespeicherung (WSP) auf den Heizenergiebedarf

Das luftdichte Haus

Menschen müssen atmen. Daher ist in jedem Haus eine gewisse Luftwechselrate erforderlich, um verbrauchte Luft auszutauschen. Da mit der Lüftung warme Innenluft mit kalter Außenluft ausgetauscht wird, geht Wärme verloren. Es müssen daher unplanmäßige Luftwechsel und Undichtigkeiten in der Konstruktion vermieden werden. Deshalb fordert § 5 der EnEV: „Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend dem Stand der Technik abgedichtet ist. Dabei muss die Fugendurchlässigkeit außen liegender Fenster, Fenstertüren und Dachflächenfenster Anhang 4 Nr. 1 genügen.“



Die EnEV bietet bei Nachweis der Luftdichtigkeit von Gebäuden einen Bonus bei der Berechnung der Transmissionswärmeverluste.

Ohne Nachweis ist mit einer Luftwechselrate $n = 0,70 \text{ h}^{-1}$ zu rechnen. Bei freier Lüftung bzw. Fensterlüftung kann diese Luftwechselrate im Falle des Nachweises der ausreichenden Dichtheit der Gebäudehülle abgemindert werden auf $n = 0,60 \text{ h}^{-1}$.

Wird eine Überprüfung der Anforderungen nach § 5 Abs. 1 durchgeführt, so darf der nach DIN EN 13829:2001-02 bei einer Druckdifferenz zwischen Innen und Außen von 50 Pa gemessene Volumenstrom – bezogen auf das beheizte Luftvolumen – bei Gebäuden

- ohne raumluftechnische Anlagen 3 h^{-1} und

- mit raumluftechnischen Anlagen $1,5 \text{ h}^{-1}$ nicht überschreiten. Werden diese Bedingungen erreicht, so können die Lüftungswärmeverluste H_v im Nachweisverfahren drastisch reduziert werden:

- ohne Nachweis: $H_v = 0,238 \cdot V$
- mit Nachweis: $H_v = 0,204 \cdot V$
- mit Nachweis und Abluft: $H_v = 0,187 \cdot V$

Das Massivdach

Das Dach ist das am stärksten Wind und Wetter ausgesetzte Element am Haus. Es verwundert, dass gerade bei diesem Bauteil heute vielfach noch nicht die Vorteile massiver Bauweise genutzt werden, sondern traditionelle Handwerkstechniken vorherrschen. Erfahrungsgemäß ist das Dach in traditioneller Konstruktion Schwachstelle bezüglich Luftdichtigkeit und Wärmespeichervermögen.

Mit vorgefertigten Dachelementen aus Leichtbeton bekommt der Rohbau eine homogene, nahezu fugenfreie Dachkonstruktion, die praktisch luftdicht ist. Das Leichtbetondach leistet damit einen maßgeblichen Beitrag zum ökologischen und Energie sparenden Bauen, denn Lüftungswärmeverluste an Fugen und anderen konstruktiven Verbindungsstellen der Gebäudehülle werden damit vermieden.

Zwecks weitergehender Informationen zu den verschiedenen am Markt befindlichen Systemen sei auf die Herstellerinformationen verwiesen.



Der Einfluss der Anlagentechnik

Die Effizienzbewertung der Anlagentechnik in der EnEV bezieht die komplexe Kette vom Wärmeerzeuger über die Regelung und Verteilungen bis zu den Heizflächen in den Räumen ein. Je nach Ausführung der Anlage kann beispielsweise die Summe aus Verteilungs- und Regelungsverlusten mehr als 10 % betragen! Darüber hinaus wird auch die Trinkwassererwärmung „vom Warmwasserspeicher bis zum Duschkopf“ bei der Bewertung der Verteilungsverluste einbezogen.

DIN V 4701-10 regelt die Berechnung der primärenergetischen Effizienzkennzahl, der sogenannten Anlagen-Aufwandszahl e_p . Diese Anlagen-Aufwandszahl ist der Kehrwert des Wirkungsgrades des Heiz-, Trinkwassererwärmungs- und Wärmeverteilungssystems. Sie sollte (unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Erfordernisse) mög-

lichst klein gehalten werden. **Je niedriger die Anlagen-Aufwandszahl e_p , umso effizienter arbeitet das System.**

Die Effizienz einer Heizungsanlage hängt wesentlich vom Anlagentyp ab. Tafel 3 zeigt die unterschiedlichen Anlagen-Aufwandszahlen und damit die unterschiedliche Effizienz verschiedener Anlagentypen.

Interessant ist auch die Feststellung, dass die Anlagenaufwandszahl eines Brennwertkessels mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung bei Lage des Kessels **außerhalb** der thermischen Hülle größer ist als bei Lage des Kessels **innerhalb** der thermischen Hülle. Unter thermischer Hülle ist hier der „warme“ Bereich zu verstehen, der so konstruiert ist, dass die Wärmeübertragung nach außen minimiert ist.



Tafel 3: Anlagen-Aufwandszahlen verschiedener Systeme (primärenergiebezogen)

Heizung	Warmwasserbereitung	Lüftung	Anlagen-Aufwandszahl e_p ¹⁾
Elektro-Direktheizung	E-Durchlauferhitzer	mit Wärmerückgewinnung 60 %	2,78 1,85 ²⁾
Niedertemperaturkessel 70/55 °C innerhalb der thermischen Hülle	Speicher, indirekt mit/ohne Zirkulation	Fensterlüftung	1,49 mit Zirkulation 1,42 ohne Zirkulation
Gas-Brennwertkessel 55/45 °C innerhalb der thermischen Hülle	Speicher, indirekt mit Zirkulation	Fensterlüftung	1,40 ³⁾ 1,36 ⁴⁾
Gas-Brennwertkessel 55/45 °C innerhalb der thermischen Hülle	Speicher, indirekt bivalenter Solarspeicher mit Zirkulation	mit Wärmerückgewinnung 80 %	1,21

¹⁾ Standardwerte nach DIN V 4701-10; Gerät und Verteilungsleitung innerhalb der beheizten Hülle

²⁾ mit Standardregelung, Strom mit $f_p = 2,0$

³⁾ P-Regler mit Auslegung 2 K

⁴⁾ elektronische Regelung mit Optimierung

Zur Bestimmung von e_p bietet die Norm drei Verfahren an, die sich hinsichtlich Detaillierungsgrad und Aufwand unterscheiden. Allen liegt dasselbe Berechnungsverfahren zugrunde.

Das **Diagrammverfahren** nach DIN V 4701-10 ist die einfachste Methode, die Aufwandszahlen zu ermitteln. Da den Diagrammen eine ausführliche Berechnung zugrunde liegt, sind die abgelesenen Aufwandszahlen identisch mit denen, die man selbst durch Rechnung ermitteln würde.

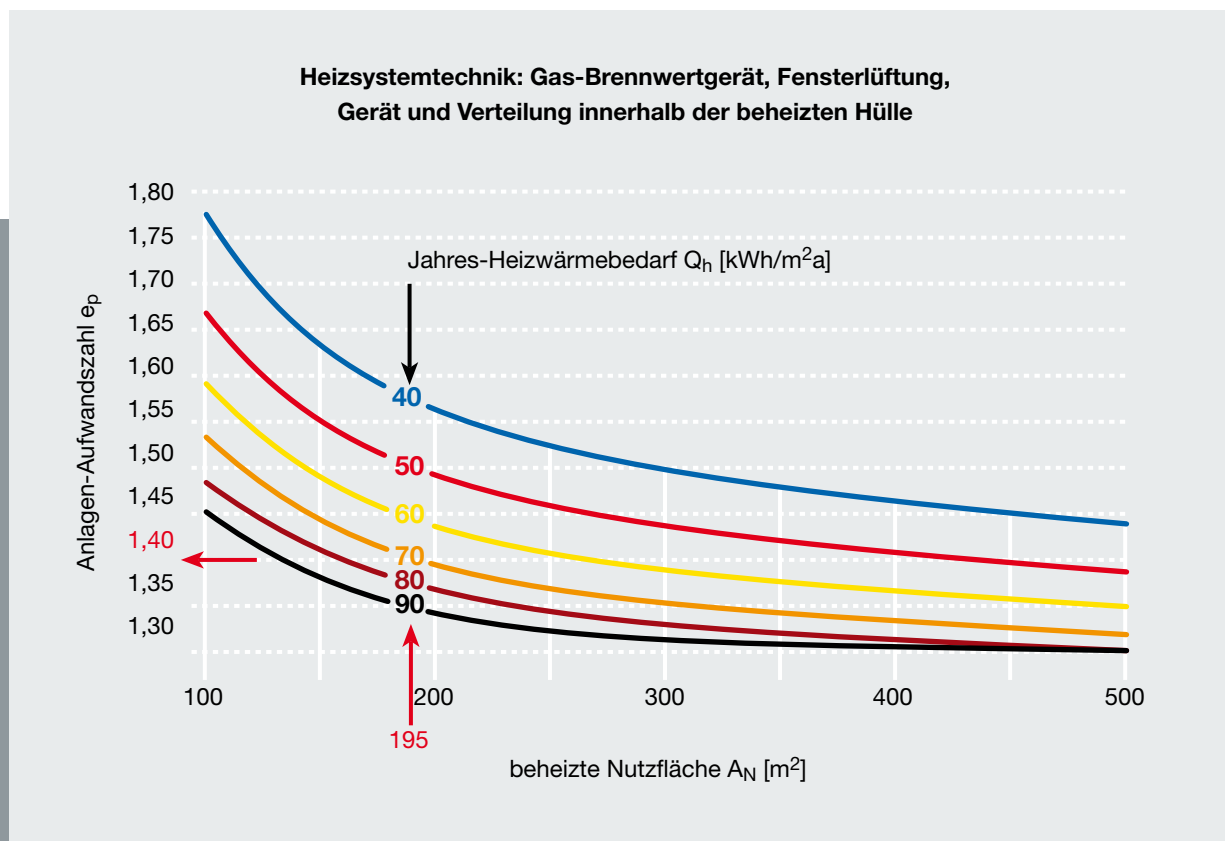
Das **Tabellenverfahren** basiert auf Mindest-Effizienzwerten der Anlagenkomponenten. Man ist damit immer auf der sicheren Seite, nimmt aber weniger günstige und damit weniger wirtschaftliche Aufwandszahlen in Kauf.

Das **Detaillierte Verfahren** berücksichtigt die tatsächlichen Aufwandszahlen der Komponenten. Man erhält deshalb niedrigere Aufwandszahlen als nach dem Tabellenverfahren. Das aufwendigere Rechnen wird also durch günstigere Werte belohnt.

Aufwandszahl-Diagramme für einige typische Anlagen sind in der Anlage C.5 zur DIN V 4701-10 sowie Beiblatt 1 enthalten, ihnen liegen jedoch Standardkomponenten zugrunde. Daher ergeben sich in der Regel etwas zu hohe Aufwandszahlen. Daneben werden die Gerätehersteller selbst für bestimmte Wärmeerzeugungssysteme entsprechende Diagramme anbieten, die aus spezifischen Kennwerten entwickelt werden und die gegenüber der Norm zu günstigeren Aufwandszahlen führen können.

Darüber hinaus steht mit Helena 4.8 ein EDV-Programm zur Verfügung, das eine schnelle und genaue Ermittlung von e_p ermöglicht.

Bild 10: Diagrammverfahren nach DIN V 4701-10 zur Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl e_p ; Beispiel für Heizwärmebedarf 70 kWh/m^2 bei 195 m^2 Nutzfläche; Anlagenaufwandszahl $e_p = 1,4$



Der Keller in der thermischen Hülle

Wer sich beim Bau seines Hauses – vernünftigerweise – für einen Keller entscheidet, hat die Wahl zwischen zwei Möglichkeiten:

- Der Keller wird wärmegeklämt und liegt mit in der thermischen Hülle.
- Die Kellerdecke wird wärmegeklämt und trennt den nicht wärmegeklämten Bereich von der thermischen Hülle (kalter Keller).

Wer mit Keller baut, genießt den Vorteil, für seine Heizungsanlage nicht kostbare Wohnfläche durch Nebenräume im Erd-, Ober- oder Dachgeschoss opfern zu müssen. Er bringt die Anlage im Heizungskeller unter. Die Verteilungsverluste von Wärmeerzeuger, Speicher und Verteilungsleitungen werden entsprechend DIN V 4701-10 physikalisch korrekt nur dann als Verlust bewertet, wenn sie keine Heizwärmegewinne darstellen.

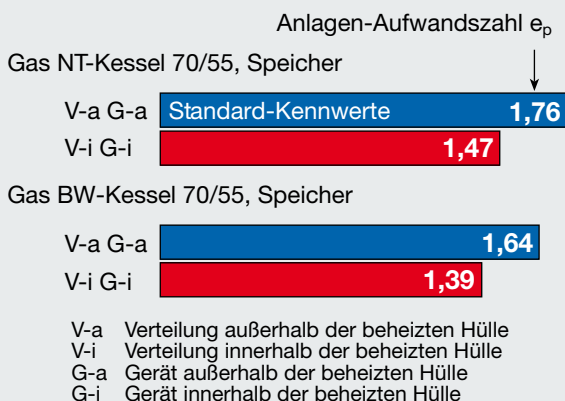


Bild 11: Vergleich der Anlagen-Aufwandszahlen bei Verwendung von Standard-Kennwerten und bei unterschiedlicher Anordnung der Systemkomponenten

Eine Aufstellung des Wärmeerzeugers oder die Installation der Verteilungen außerhalb der thermischen Hülle – z. B. im „kalten Keller“ führt dagegen immer zu relativ hohen Verlusten. Dementsprechend sind die Anlagen-Aufwandszahlen e_p , z. B. bei Lage des Kessels außerhalb der thermischen Hülle, höher als bei Lage des Kessels innerhalb der thermischen Hülle (Bild 11). Damit werden die scheinbaren Vorteile einer Anlage außerhalb der thermischen Hülle, nämlich weniger zu däm-mende Wandfläche, bei weitem durch den wegen der größeren Anlagen-Aufwandszahl zu treibenden Mehraufwand in den übrigen Wärmeschutz aufgewogen.

Deshalb empfiehlt es sich fast immer, den Keller in die thermische Hülle mit einzubeziehen. Dies ist auch eine wichtige Maßnahme, um Tauwasserniederschlag zu verhindern. Nach DIN 4108-3:2001-07 wird ein rechnerischer Tauwassernachweis nicht erforderlich, wenn eine Kelleraußenwandkonstruktion aus Leichtbeton-Bauteilen $\lambda_{TR} = 0,16 / d \geq 30$ cm vorhanden ist.

Hilfsmittel zur Vordimensionierung

Aller Anfang ist schwer. Sicher wird es dem Planer in den ersten Monaten schwer fallen, beim ersten Bleistiftstrich sicher einzuschätzen, wie sich das geplante Haus gemäß EnEV energetisch verhalten wird. Zur **Vordimensionierung** und als **Anhaltswerte** gelten die in den folgenden beiden Tafeln 4 und 5 angegebenen Werte von typischen Fällen des Wohnhausbaus. **Sie ersetzen nicht den Nachweis gemäß EnEV.**

Der ständige Umgang mit der Energieeinsparverordnung und den verschiedenen Einflussfaktoren in deren Nachweisverfahren gibt dem Planer ein sicheres Gefühl für

das energetische Verhalten verschiedener Gebäudeformen, die ihm in seiner Tätigkeit begegnen. Dies wird sicher eher zum wirtschaftlichen Erfolg des Planers beitragen als das Zurückgreifen auf normierte Entwürfe.

Die Tafeln 4 und 5 zeigen die Auswirkungen der Auswahl unterschiedlicher Anlagentechnik. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sehr kostenintensiv sind. Effektiver, dauerhafter und kostengünstiger sind Investitionen in die energetische Qualität der Gebäudehülle, z. B. in die Wandbaustoffe.

Tafel 4: U-Werte in W/(m²K) für kompakte Einfamilienhäuser (0,75 < A / V < 0,85, ca. 150 m² Nutzfläche)

	Niedertemperaturkessel				Brennwertkessel				Brennwertkessel mit solarer Warmwassererwärmung		Brennwertkessel und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	
	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1
Wärmebrücken ¹⁾	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1
Luftdichtheit ²⁾	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
Außenwände	0,30	0,28	0,39	0,30	0,47	0,42	0,47	0,42	0,47	0,47	0,47	0,47
Fenster	1,4	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6
Keller	0,20	0,17	0,20	0,17	0,22	0,17	0,22	0,17	0,22	0,22	0,22	0,22
Dach	0,34	0,34	0,34	0,30	0,34	0,34	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
¹⁾ Wärmebrücken	1: optimiert nach Wärmebrückenkatalog 2: pauschal nach DIN 4108 Beiblatt 2											
²⁾ Luftdichtheit	0: ohne Nachweis der Luftdichtheit 1: geprüfte Luftdichtheit											

Tafel 5: U-Werte in W/(m²K) für kleine Mehrfamilienhäuser (0,40 < A / V < 0,55, mehr als 400 m² Nutzfläche)

	Niedertemperaturkessel				Brennwertkessel				Brennwertkessel mit solarer Warmwassererwärmung		Brennwertkessel und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	
	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1
Wärmebrücken ¹⁾	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1
Luftdichtheit ²⁾	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
Außenwände	0,27	0,21	0,37	0,27	0,37	0,27	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Fenster	1,4	1,2	1,4	1,2	1,6	1,4	1,6	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6
Keller	0,22	0,20	0,17	0,20	0,22	0,20	0,22	0,17	0,22	0,22	0,22	0,22
Dach	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
¹⁾ Wärmebrücken	1: optimiert nach Wärmebrückenkatalog 2: pauschal nach DIN 4108 Beiblatt 2											
²⁾ Luftdichtheit	0: ohne Nachweis der Luftdichtheit 1: geprüfte Luftdichtheit											

EnEV – Mit Leichtbeton kein Problem

Die Hersteller von Leichtbeton-Bauteilen bieten eine Vielzahl von Leichtbeton-Mauersteinen und -Elementen an, welche die Anforderungen der Energieeinsparverordnung auch als monolithische Außenwände ohne zusätzliche Dämm-Maßnahmen erfüllen.

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die Produkte und ihre wärmetechnischen Kennwerte. Dabei handelt es sich um Norm- bzw. Zulassungswerte. Auf die Angaben der Hersteller wird verwiesen.

Wände aus Leichtbeton bestehen aus:

- Mauerwerk nach DIN 1053 oder bauaufsichtlicher Zulassung
- Elementen nach DIN EN 1520
- Elementen nach DIN 4219

Es werden unterschiedliche Arten von Mauersteinen aus Leichtbeton angeboten. Im Wesentlichen handelt es sich um:

- Hohlblöcke
- Vollblöcke
- Vollsteine
- Großblöcke

Tafel 6: Wärmeschutzwerte von 24 cm dicken, geputzten Wänden mit Zusatzdämmung, aus Leichtbeton-Steinen mit $\lambda_R = 0,85 \text{ W/(mK)}$

Dicke der Zusatzdämmung WLG 040 [cm]	Wärmedurchlasswiderstand R [m ² K/W]	U-Wert [W/(m ² K)]
6	1,85	0,50
8	2,35	0,40
10	1,85	0,33
12	3,35	0,28

Tafel 7: U-Werte für monolithische Außenwände ohne Zusatzdämmung aus Leichtbeton-Steinen mit λ_R -Werten zwischen 0,10 und 0,16 W/(mK)

Wände mit Innen- und Außenputz		
Wärmeleitfähigkeit λ_R [W/(mK)]	Wanddicke [cm]	U-Wert* [W/(m ² K)]
0,10	49,0	0,19
	36,5	0,25
	30,0	0,31
	24,0	0,37
0,11	49,0	0,21
	36,5	0,28
	30,0	0,33
	24,0	0,41
0,12	49,0	0,23
	36,5	0,30
	30,0	0,36
	24,0	0,44
0,13	49,0	0,25
	36,5	0,33
	30,0	0,39
	24,0	0,47
0,14	49,0	0,27
	36,5	0,35
	30,0	0,42
0,15	49,0	0,28
	36,5	0,37
	30,0	0,44
0,16	49,0	0,30
	36,5	0,39
	30,0	0,47
* U-Wert mit 1,5 cm Gipsputz: $\lambda_R = 0,51$ 2 cm mineralischer Leichtputz außen: $\lambda_R = 0,25$		
Kleinere λ_R und U-Werte nach bauaufsichtlichen Zulassungen können bei den Herstellern erfragt werden.		

Tafel 8: Wärmeschutzwerte von Wänden nach DIN EN 1520, beidseits geputzt, für ausgewählte Rohdichten und Wanddicken*)

Rohdichteklasse [kg/dm ³]	Wanddicke [cm]	Wärmedurchlasswiderstand [(m ² K)/W]	U-Wert [W/(m ² K)]
0,6	15	0,90 – 0,82	0,93 – 1,01
	20	1,18 – 1,07	0,74 – 0,81
	25	1,46 – 1,32	0,61 – 0,67
	30	1,74 – 1,57	0,52 – 0,57
	35	2,01 – 1,82	0,46 – 0,50
0,8	15	0,70 – 0,65	1,15 – 1,22
	20	0,90 – 0,84	0,93 – 0,99
	25	1,11 – 1,03	0,78 – 0,83
	30	1,32 – 1,22	0,67 – 0,72
	35	1,53 – 1,42	0,59 – 0,63

Tafel 9: Erreichbarer Wärmedurchlasskoeffizient für Wandelemente mit Kerndämmung

Wanddicke [cm]	U-Wert [W/(m ² K)]	mit Kerndämmung	
		Dicke [cm]	U-Wert [W/(m ² K)]
15	1,19	–	–
20	1,00	6	0,66
25	0,85	8	0,55
30	0,70	10	0,45
35	0,60	12	0,38

Tafel 10: Wärmeschutzwerte von Leichtbeton-Dachplatten (als Hohldielen) in Abhängigkeit der Plattendicke*)

Plattendicke [cm]	Wärmedurchlasswiderstand [(m ² K)/W]	U-Wert [W/(m ² K)]
8 10	0,30 0,37	2,13 1,85
12 14	0,44 0,52	1,64 1,45
16 18	0,59 0,67	1,32 1,19
20 22	0,74 0,81	1,10 1,02

* Tafelwerte bezogen auf Plattenrohrichteklasse 0,9 bei Wärmeleitfähigkeit = 0,27 W/(mK)

Güteüberwachung

Alle Leichtbeton-Bauteile werden güteüberwacht und unterliegen der Fremdüberwachung durch eine anerkannte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle. Güteüberwachte Qualität wird im Allgemeinen durch folgende Gütezeichen dokumentiert:



Überreicht durch:



Bundesverband
Leichtbeton e.V.

Sandkauler Weg 1
56564 Neuwied

Telefon 0 26 31 / 3 55 55-0
Telefax 0 26 31 / 3 13 36

www.leichtbeton.de
info@leichtbeton.de