

## Vom Niedrigenergiehaus zum Passivhaus



**Planung - Qualitätssicherung - Förderung**





## Vom Niedrigenergie- zum Passivhaus

- ▶ Planung,
- ▶ Qualitätssicherung,
- ▶ Förderung

Energie sparen, behaglich wohnen, wirtschaftlich bauen und langfristiger Werterhalt des Gebäudes sind kein Widerspruch. Neben einer ansprechenden Architektur und den richtigen Baustoffen kommt es auf die richtige Mischung aus Wärmedämmung, Wärmespeicherung, luftdichter Bauweise, wärmebrückenarmen Details und Heizungsanlage an.

### Inhaltsverzeichnis:

▶ Planungsfreiheit	4
▶ Fördermaßnahmen	4
▶ Umsetzungsstrategien	5
▶ Anlagentechnik	5
▶ Solare Wärmegewinne	6
▶ Wärmebrücken	6
▶ Wärmespeicherung	6
▶ Untergeschosse	6
▶ Luftdichtheit	7
▶ Energiepass	7
▶ Wände	8
▶ Rechenbeispiel	9
▶ Maßnahmen auf einen Blick	10
▶ Ergebnisse im Überblick	11



## Planungsfreiheit

Wieviel Heizenergie ein Gebäude verbrauchen darf, regelt seit Februar 2002 die Energieeinsparverordnung (EnEV). Bei Einfamilienhäusern ist mit einem rechnerischen Heizwärmebedarf von etwa 7 bis 8 Litern, bei Mehrfamilienhäusern etwa 4 bis 6 Litern Heizöl je m<sup>2</sup> beheizter Fläche im Jahr zu rechnen. Der tatsächliche Ölverbrauch ist durch die Verluste der Heizungsanlage um bis zu 30% höher.

Nachzuweisen ist jedoch nicht der Heizwärmebedarf, sondern der Jahres-Primärenergiebedarf. Er erfasst neben den Wärmeverlusten zusätzlich den Wärmebedarf für Warmwasser, die Umwandlungsverluste der Heizungsanlage und die Verluste der Bereitstellung der Energie auf dem Weg zum Haus.



## Der Staat belohnt umweltbewusstes Bauen

### Fördermaßnahmen:

Die KfW fördert energiesparende Gebäude durch zinsgünstige Darlehen. Je Wohneinheit erhalten Bauherren für:

- ▶ KfW 60-Häuser € 30.000,-
- ▶ KfW 40-Häuser € 50.000,-

Einige Regionen und Gemeinden geben weitere Fördergelder.

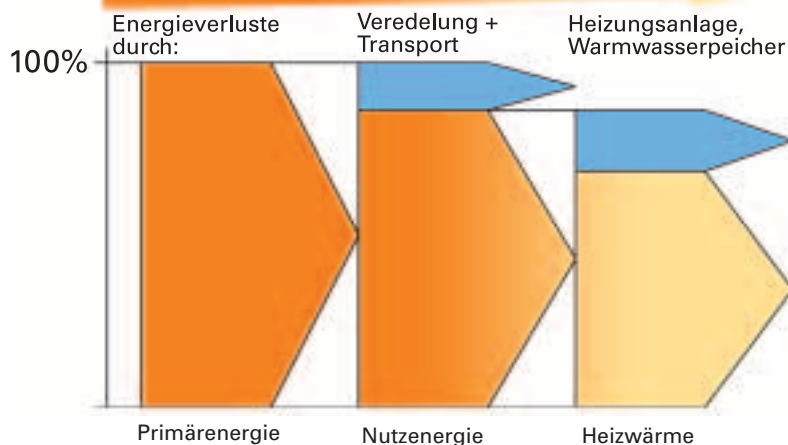
Neben dem durch die EnEV vorgeschriebenen Standard, der mindestens einzuhalten ist, fördert die **Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)** zwei verschärfte Anforderungsniveaus finanziell. Die Höhe der Darlehen hängt von dem maximalen Jahres-Primär-Energiebedarf ab (nachzuweisen mit dem Rechenverfahren der EnEV).

▶ 60 kWh/m<sup>2</sup>a.  
Dies Energieniveau entspricht einem jährlichen Heizwärmebedarf von etwa 3 bis 4 Liter Heizöl je m<sup>2</sup> beheizter Fläche.

▶ 40 kWh/m<sup>2</sup>a.  
Hier beträgt der Heizwärmebedarf pro Jahr etwa 2 bis 3 Liter Heizöl je m<sup>2</sup> beheizter Fläche.

Aktuelle Hinweise zu den jeweiligen Fördermöglichkeiten auch unter: [www.poroton.com](http://www.poroton.com)

### Von der Primärenergie zur Nutzenergie



Die EnEV begrenzt nicht die Heizwärme, sondern den Jahresprimärenergiebedarf

Die Werbung benutzt Begriffe wie „3-Liter-Häuser“ und „Passiv-Häuser“. Diese entsprechen nicht den Förderrichtlinien, weil sie sich nicht auf den Jahres-Primärenergiebedarf, sondern ausschließlich auf den Jahres-Heizwärmebedarf beziehen. Bauherren sollten daher auf einen Energienachweis nach dem Rechenverfahren der EnEV bestehen.

Als Orientierung gilt, dass „3-Liter-Häuser“ in etwa KfW 60-Häuser und „Passivhäuser“ etwa KfW 40-Häuser sind.

## Umsetzungsstrategien:

Eine Minimierung des Jahres-Primärenergiebedarfs lässt sich auf vielen Wegen erreichen. Der Planer kann ihn durch Optimierung von Wärmedämmung, Wärmebrücken, Luftdichtheit, solarer Einstrahlungsgewinne und vor allem die Heizungsanlage beeinflussen. Grundsätzlich gilt: Die EnEV schreibt keine U-Werte vor. In einer Energiebilanz ist lediglich nachzuweisen, dass die Summe aller Maßnahmen zur Einhaltung des zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfs führt. So behalten Planer weitgehend ihre Planungsfreiheit.

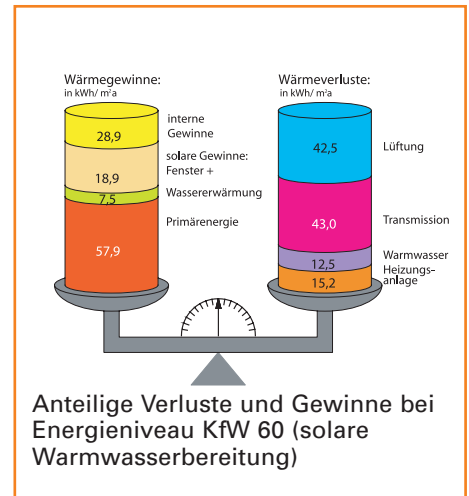
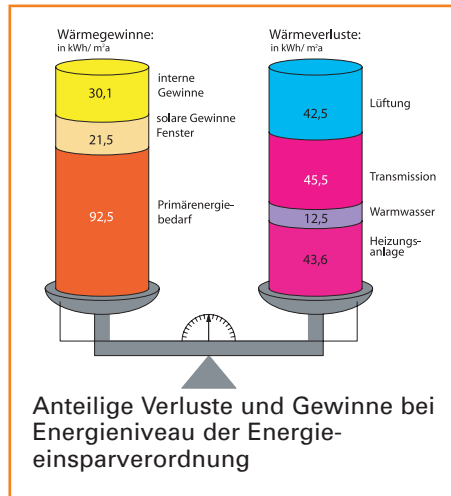
Baufachleute denken um:  
Allein hochwertiger Wärmeschutz in Verbindung mit hochwertiger Anlagentechnik führen zum Ziel

Unterschiedliche Anforderungsniveaus erfordern individuelle Umsetzungsstrategien. Nur die Wärmedämmung der Bauteile zu beachten und eine luftdichte Konstruktion zu gewährleisten, ist zu wenig. Mindestens gleichwertig wirken sich eine effiziente Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung aus.

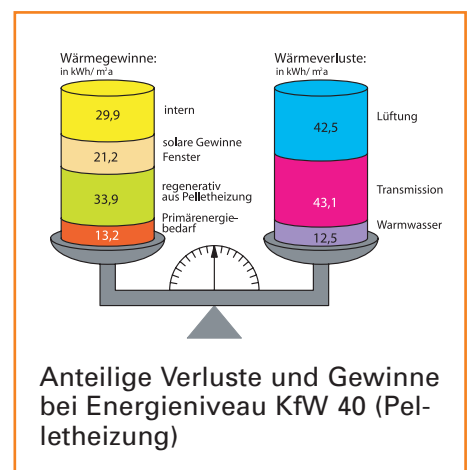
## Anlagentechnik

Die Qualität der Wärmeerzeugung kennzeichnet die Anlagenaufwandszahl  $e_p$ . Je kleiner  $e_p$ , desto geringer sind die Verluste der Wärmeerzeugung. Neben dem Heizkessel beeinflusst die beheizte Fläche die Anlagenaufwandszahl. Da sich eine große Fläche günstig auswirkt, sollten Reihen- und Doppelhäuser möglichst eine Gemeinschaftsheizung haben. Bei nach EnEV geplanten Gebäuden genügt meistens eine gute Wärmedämmung in Verbindung mit einem Niedertemperatur- oder Brennwertkessel.

Um die Anforderungen für KfW 60-Häuser und KfW 40-Häuser wirtschaftlich zu erfüllen, sind besondere anlagentechnische Maßnahmen unumgänglich, z.B.:



- ▶ Lüftungsanlagen mit oder ohne Wärmerückgewinnung
- ▶ solare Brauchwassererwärmung
- ▶ Wärmepumpen
- ▶ regenerative Energien, z.B. mit Holzprodukten betriebene Wärmeerzeuger, z.B. Pelletheizungen



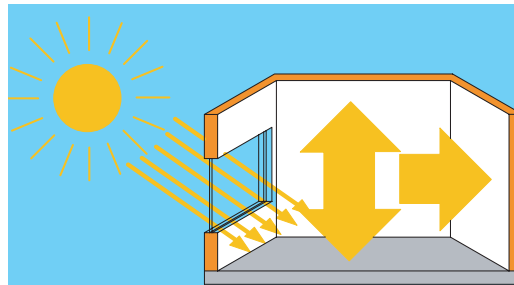
Mit regenerativen Energieformen wie Pelletheizungen lässt sich der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf an KfW 40-Häusern auch ohne große bauliche Maßnahmen erfüllen. Damit das Wärmedämmniveau nicht zu gering ausfällt, ist als Nebenbedingung der zulässige

spezifische Transmissionswärmeverlust auf 76 % begrenzt (vgl. im Beispiel KfW 40 Pellet).



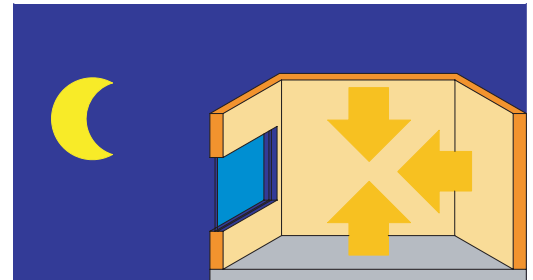
## Solare Warmegewinne

Eine Südorientierung der Hauptfensterflächen erleichtert durch die solaren Energiegewinne - besonders bei KfW 60- und KfW 40-Häusern - den Wärmeschutz nachweis. Im Vergleich zu Gebäuden nach EnEV sollten deren Südfensterflächen größer sein. Der sommerliche Wärmeschutz begrenzt jedoch die Fenstergröße: Übererwärmungen sind zu vermeiden.



Massive Ziegelwände speichern tagsüber die Sonnenwärme und ....

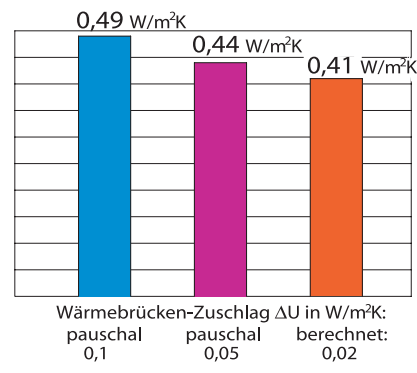
...geben sie wie ein Kachelofen wieder ab, wenn es kalt wird



## Wärmebrücken

Wärmebrücken sind zur Verminderung des Energieverbrauches, aber auch zur Vermeidung von Bauschäden zu optimieren. Unterschreiten die Oberflächentemperaturen wärmebrückenbedingt auf der Raumseite einen kritischen Wert, schlägt sich auf den Bauteiloberflächen Tauwasser nieder. Bei Häusern nach EnEV genügt es meistens, wärmebrückenarme Details zu planen und die Wärmebrücken durch den pauschalen Zuschlag der EnEV zu erfassen. Bei KfW 60-Häusern und KfW 40-Häusern lohnt es sich, die Wärmebrückenverluste genau nachzuweisen. Der umfangreiche Wärmebrückenkatalog im Poroton-Nachweisprogramm zur EnEV vereinfacht dies.

Flächenbezogener Transmissionswärmebedarf



Veränderung des flächenbezogenen Transmissionswärmebedarfs durch unterschiedliche Erfassung der Wärmebrücken für ein Gebäude nach EnEV.

## Wärmespeicherung schafft Wohlbehagen

Häuser aus Poroton-Ziegeln speichern in den schweren Wänden und Decken große Wärmemengen. Wärmespeicherung sorgt für ein ausgeglichenes Raumklima, baut im Sommer Temperaturspitzen ab und vermindert im Winter den Heizwärmebedarf. Neu ist, dass dies im Nachweisverfahren der EnEV rechnerisch berücksichtigt werden darf.

## Untergeschosse bieten mehr

Keller sollten grundsätzlich Teil des wärmegeprägten Bereichs sein. Das hat erhebliche Vorteile: Erstens besteht in zu kalten Kellern die Gefahr von Tauwasserniederschlag auf Wänden und Boden und anschließender Schimmelbildung. Zweitens sinkt die Anlagenaufwandszahl  $e_p$  erheblich, wenn die beheizbare Fläche größer ist und der Wärmerezeuger im wärmegeprägten Bereich steht. Mit Poroton-Wärmedämmziegeln errichtete Kellerwände erfüllen i.Allg. automatisch die Anforderung an den Wärmeschutz. Unbeheizte Keller von Einfamilienhäusern haben weitere Nachteile. Im meist offenen Treppenraum müssen die Wände, der Fußboden und die abgehenden Kellertüren zum Keller wärmegeprägten sein – ein unnötiger Aufwand.



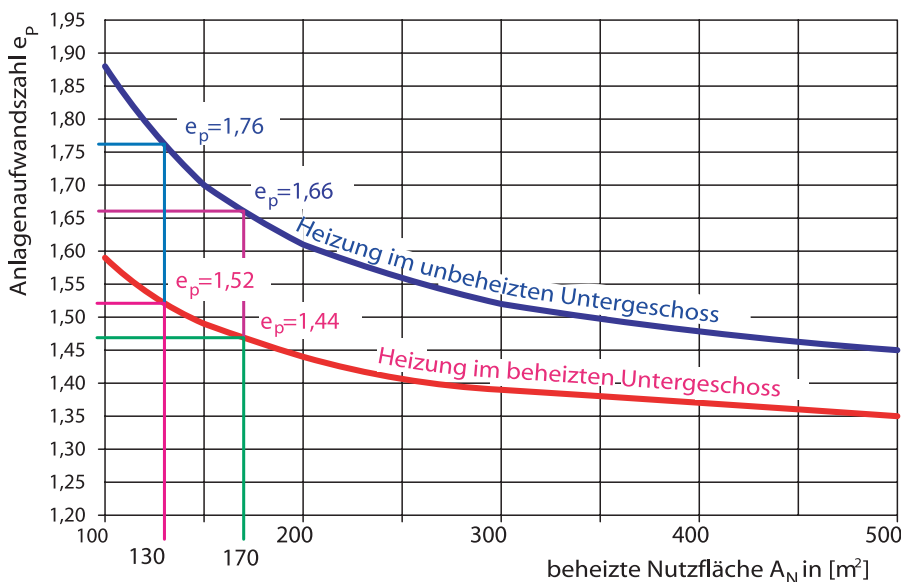
## Luftdichtheit der Bauteile

In undichte Bauteile kann warme, mit Feuchtigkeit angereicherte Raumluft dringen. Kühlt die Luft auf dem Weg nach außen bis auf den Taupunkt ab, durchfeuchten die Bauteile.

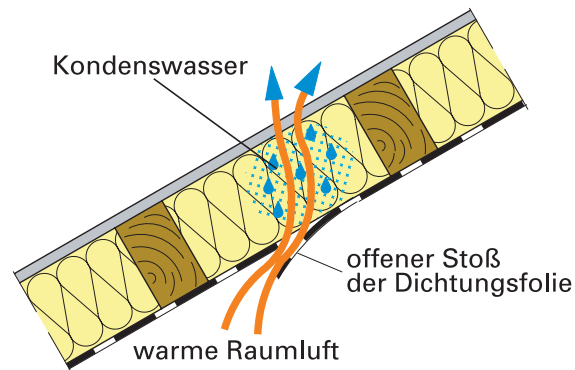
Bei mit dem Blower-Door-Verfahren nachgewiesener Luftdichtheit der Baukonstruktion darf rechnerisch der Luftwechsel beim Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfs niedriger angesetzt werden. Der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf ist so leichter einzuhalten und die Sicherheit für mangelfreie Bauausführung steigt.

Verputzte Wände aus Mauerwerk gelten nach DIN 4108-7 als winddicht. Aus zusammengesetzten Baustoffen bestehende Bauteile erlangen die Luftdichtheit durch Folien oder Platten, auf deren einwandfreie langlebige Dichtheit vor allem an Stößen, Anschlüssen und Durchdringungen zu achten ist.

## Wirtschaftliche Gebäudeplanung ist ein durchdachtes Puzzlespiel



Die Anlagenaufwandszahl  $e_p$  sinkt erheblich, wenn die beheizbare Fläche größer ist und der Wärmeerzeuger im wärmegeprägten Bereich steht (Diagramm nach Beiblatt 1 DIN 4701).



Sind Bauteile nicht durchströmungsdicht, gelangt warme, mit Feuchtigkeit angereicherte Raumluft in die Bauteile.



## Luftwechsel

Aus Gründen der Raumhygiene sind Wasserdampf und Geruchsstoffe durch Lüften aus dem Gebäude zu entfernen. Die Lüftungswärmeverluste liegen bei Häusern nach EnEV in der gleichen Größenordnung wie die Transmissionswärmeverluste über die Bauteile. Soll das Anforderungsniveau der EnEV deutlich unterschritten werden, sind Lüftungsanlagen - evtl. mit Wärmerückgewinnung - erforderlich.

Für diesen Fall muss die Luftdichtheit nachgewiesen werden.

## Energiepass

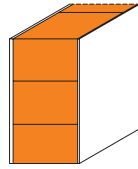
Über die Dämmqualität des Hauses gibt ein Energiepass detailliert Auskunft. Er ist sowohl Bauherren und Behörden als auch Mietern zur Verfügung zu stellen. Im Rahmen der Bauüberwachung bildet er die Grundlage zur Überprüfung, ob die vorgesehenen Produkte eingebaut und die wärmebrückenarme Ausführung umgesetzt wurden. Bei vereinbarter Luftdichtheit wird das Ergebnis des Blower-Door-Tests dokumentiert.

## Außenwände...

### ...aus Poroton-Ziegeln

Die Poroton-Ziegelwerke liefern heute Wärmedämmziegel mit Rechenwerten der Wärmeleitfähigkeit zwischen  $\lambda_R=0,16$  und  $0,09$  W/mK.

Als Innenputz ist Gips- oder Kalkgipsputz, als Außenputz ist Leichtputz nach DIN 18550-4 zu verwenden. Diese Putze sind hinsichtlich ihrer Verformungseigenschaften und Festigkeit auf den Wärmedämmziegel abgestimmt.



### U-Werte von einschaligen Ziegelwänden

Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_R$ [W/mK]	Mörtelart	U-Werte [W/m <sup>2</sup> K] bei Wanddicke [cm]			
		30,0	36,5	42,5	49,0
0,09	DM	0,28	0,23	-	-
0,10	DM	0,31	0,26	-	-
0,11	DM	0,33	0,28	0,24	0,21
0,12	LM 21/DM	0,33	0,28	0,24	0,21
0,13	LM 21/DM	0,39	0,32	0,28	0,25
0,14	LM 21/DM	0,41	0,35	0,30	0,26
0,16	LM 21/DM	0,47	0,39	0,34	0,30

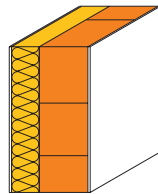
LM Leichtmörtel; DM Dünnbettmörtel

### Ziegelaußenwände mit Zusatzdämmung

Eine Alternative zur einschaligen Ziegelaußenwand ist die einschalige Ziegelaußenwand mit Zusatzdämmung, z.B. mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) oder gedämmten Vorhangfassaden.

Zusatzgedämmte einschalige Ziegelaußenwände sind 17,5 cm oder 24 cm dick. Die tragende Schale besteht aus

- ▶ Hochlochziegeln nach DIN 105-1 oder Wärmedämmziegeln nach DIN 105-2. Letztere liefern einen merklichen Beitrag zur Wärmedämmung. Bei gleichem U-Wert kann das WDVS – und damit die Wand - dünner sein; oder bei gleicher Dicke erzielt man eine bessere Wärmedämmung.
- ▶ Füllziegeln. Sie zeichnen sich durch hohe Druckfestigkeit und hohen Schallschutz aus.



### U-Werte von einschaligen Ziegelwänden mit Zusatzdämmung

Dämmstoff WLG 035 Dicke [ mm ]	U-Werte [W/m <sup>2</sup> K] bei Dicke der Ziegelwand					
	d = 17,5 cm			d = 24,0 cm		
	Poroton T 16	HLz 1,2	Füll - ziegel	Poroton T 16	HLz 1,2	Füll - ziegel
80	0,28	0,35	0,38	0,25	0,34	0,37
120	0,21	0,25	0,26	0,19	0,24	0,26
140	0,19	0,25	0,23	0,18	0,21	0,23
160	0,17	0,19	0,20	0,16	0,19	0,20
200	0,14	0,16	0,16	0,13	0,16	0,16
300	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11

### Im System bleiben

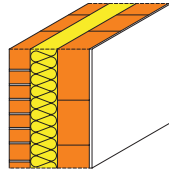
Ziegelmauerwerk bildet unter den üblicherweise geklebten bzw. geklebten und gedübelten Dämmplatten von Wärmedämmverbundsystemen einen sehr guten, tragfähigen Untergrund. Zu berücksichtigen ist, dass Wärmedämmverbundsysteme als komplettes System bauaufsichtlich zugelassen

sein müssen. Die Zulassungen umfassen die Kombination aus Dämmstoff, Armierungsgewebe, Putz und Befestigung am Untergrund. Die Angaben zur Belastbarkeit und die Witterungsbeständigkeit sowie dessen Einfluss auf die Schalldämmung und den U-Wert gelten nur für das gesamte System. Ein nach eigenen Vorstellungen zusammengestelltes WDVS verstößt gegen die Bauordnung. Treten Schäden auf, kann der Unternehmer sehr leicht wegen eines Verstoßes gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik zur Verantwortung gezogen werden, selbst wenn dieser Verstoß formal und nicht ursächlich für Schäden ist.



## Zweischalige Außenwände

Zweischaliges Außenmauerwerk zeichnet sich durch hohe Witterungsbeständigkeit und Robustheit aus. Die Außenschale aus Klinkern oder Vormauerziegeln gestattet eine individuelle Fassadengestaltung. Die Zusatzdämmung liegt zwischen den Schalen. Die erreichbaren U-Werte gibt nebenstehende Tabelle wieder.



## U-Werte von zweischaligen Ziegelwänden

Wärmeleitfähigkeit $\lambda_R$ (W/mK) der Innenschale	Wärmedurchgangskoeffizient U (W/m <sup>2</sup> K) bei Innenwanddicke d (cm) und Dämmstoffdicke (WLG 035) in mm					
	d = 17,5			d = 24,0		
	60	100	140	60	100	140
0,36	0,39	0,27	0,21	0,36	0,26	0,20
0,33	0,38	0,27	0,20	0,35	0,25	0,20
0,30	0,37	0,26	0,20	0,35	0,25	0,19
0,27	0,36	0,26	0,20	0,33	0,24	0,19
0,24	0,35	0,25	0,20	0,32	0,24	0,19
0,21	0,34	0,25	0,19	0,31	0,23	0,18
0,18	0,33	0,24	0,19	0,29	0,22	0,17
0,16	0,31	0,23	0,18	0,28	0,21	0,17

## Rechenbeispiel

Im folgenden Rechenbeispiel wird an Varianten gezeigt, wie die Anforderungen für ein freistehendes Einfamilienhaus nach Energieeinsparverordnung sowie als KfW-60 oder KfW-40-Haus zu erfüllen sind.

Bei Übertragung auf Reihen- und Doppelhäuser darf der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf auf die gesamte Gebäudezeile bezogen werden.

Mehrfamilienhäuser haben wegen der kleineren Abkühlungsfläche, bezogen auf das Gebäudevolumen, einen geringeren zulässigen Jahres-Primärenergiebedarf. Dies führt selten zu höheren Anforderungen an das Wärmedämmniveau, weil die - wegen der größeren beheizten Flächen - niedrigeren Anlagenaufwandszahlen für die Wärmeerzeugung einen Ausgleich schaffen.



## Sechs Varianten...

### ...auf einen Blick

Das Haus hat einen in den wärme-gedämmten Bereich einbezogenen Keller. Die Wärmedämmung der Bauteile sowie die Wärmeerzeugung und die Luftwechsel des Gebäudes werden variiert. Die Berechnungen sind unabhängig vom gewählten Baustoff.



### Gebäudedaten:

Gebäudevolumen brutto  $V_e = 883,47 \text{ m}^3$   
Gebäudenutzfläche  $A_N = 282,71 \text{ m}^2$   
Luftdichtheit geprüft  
Interne Wärmelasten  $5 \text{ W/m}^2$   
Wirksame Wärmespeicherfähigkeit berücksichtigt

## Häuser nach EnEV

Mit einschaligen Außenwänden aus Poroton Wärmedämmziegeln lassen sich die Anforderungen der EnEV problemlos erfüllen. Im Untergeschoss werden die Außenwände aus der gleichen Qualität erstellt.

Dies führt zu nutzbarem Wohnraum im Keller und vermindert die Anlagenaufwandszahlen für die Heizungsanlage. Der warme Keller erfordert praktisch keinen erhöhten Wärmebedarf.

Die Ausführung der Wärmebrücken entsprechend Beiblatt 2 zur DIN 4108 ist Stand der Technik und zur Vermeidung von Bauschäden zu empfehlen.

Das Gebäude wurde auf Luftdichtheit geprüft. Dies senkt den rechnerischen Heizwärmebedarf. Zusätzlich werden Bauschäden bei nachgewiesener Luftdichtheit verhindert.

Die hervorragende Wärmespeicherung von Ziegelbauten wurde rechnerisch berücksichtigt.

## KfW-60-Häuser

Bei den KfW 60-Häusern ist die Wärmedämmung aller Bauteile verbessert. Die höhere Wärmedämmung im Dach senkt nicht nur die Wärmeverluste, sondern wirkt bei der üblichen Leichtbauweise eines Daches der sommerlichen Überhitzung entgegen. Wärmebrücken müssen gegenüber Häusern nach EnEV weiter vermindert werden. Die Effizienz der Wärmeerzeugung ist durch eine Solaranlage für die Warmwasserbereitung erhöht.



## KfW-40-Häuser

Bei KfW 40-Häusern sind Wärmedämmung, Wärmebrücken und die Anlagentechnik weiter verbessert.

Beachtenswert ist der Einsatz einer Pelletheizung: Da dieses regenerative Heizsystem den nachwachsenden Rohstoff Holz verwendet, ist die Anlagenaufwandszahl mit 0,2 extrem gering.

Der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf von  $40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  wird weit unterschritten, auch ohne dass besondere Wärmedämmmaßnahmen ausgeführt werden.

Damit die Wärmedämmung dennoch dem Stand der Technik entspricht, ist der zulässige Transmissionswärmeverlust auf 76% gemäß EnEV begrenzt.



## Ergebnisse im Überblick

### Vom Niedrigenergiehaus zum Passivhaus (beispielhafte Variationen im Überblick)

Bauteil	EnEV-Var.1	EnEV-Var.2	KfW-60-Var.1	KfW-60-Var.2	KfW-40-Var.1	KfW-40-Pellet
Fenster	1,30	1,30	1,10	1,10	0,90	1,10
Fenster KG	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Außentür	1,60	1,60	1,60	1,60	1,20	1,60
Außenwände	0,35	0,35	0,28	0,20	0,20	0,35
Kelleraußenwand	0,36	0,36	0,45	0,40	0,25	0,36
Kellerfußboden	0,61	0,61	0,61	0,40	0,30	0,61
Dach	0,25	0,25	0,17	0,17	0,15	0,20
Wärmebrücken			exakte Ermittlung $\Delta U = 0,02$		exakte Ermittlung $\Delta U = 0,01$	nach Beiblatt 2 $\Delta U = 0,05$
zul. Transmissionswärmeverlust			0,54 W/m <sup>2</sup> K			0,41 W/m <sup>2</sup> K
vorh. Transmissionswärmeverlust	0,43 W/m <sup>2</sup> K	0,43 W/m <sup>2</sup> K	0,35 W/m <sup>2</sup> K	0,29 W/m <sup>2</sup> K	0,25 W/m <sup>2</sup> K	0,41 W/m <sup>2</sup> K
Wärmeerzeuger	Brennwerttechnik	Niedertemperaturtechnik	Brennwerttechnik		Brennwerttechnik + solare Unterstützung	Pelletheizung
Warmwassererzeuger	Brennwerttechnik	Niedertemperaturtechnik	Brennwerttechnik + solare Unterstützung		Brennwerttechnik + solare Unterstützung	Pelletheizung
Anlagenaufwandszahl	1,33	1,42	0,97	1,12	0,84	0,2
Lüftung	Fensterlüftung	Fensterlüftung	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	Fensterlüftung	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	Fensterlüftung
Vorh. jahres-Primärenergiebedarf	92,57 kWh/m <sup>2</sup> a	98,70 kWh/m <sup>2</sup> a	57,74 kWh/m <sup>2</sup> a	57,66 kWh/m <sup>2</sup> a	38,56 kWh/m <sup>2</sup> a	13,20 kWh/m <sup>2</sup> a
zul. Jahres-Primärenergiebedarf	104,41 kWh/m <sup>2</sup> a	104,41 kWh/m <sup>2</sup> a	60 kWh/m <sup>2</sup> a	60 kWh/m <sup>2</sup> a	40 kWh/m <sup>2</sup> a	40 kWh/m <sup>2</sup> a

