mein ziegelhaus

jetzt zukunft bauen

BAUPHYSIK

SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

mein ziegelhaus®

Mein Ziegelhaus. Denn Ziegel ist Zukunft.

Ziegelwerk Bellenberg, 89287 Bellenberg	☎ 0 73 06 - 96 50 - 0	info@ziegelwerk-bellenberg.de	www.ziegelwerk-bellenberg.de
JUWÖ Poroton Werke, 55597 Wöllstein	☎ 0 67 03 - 910 - 0	info@juwoe.de	www.juwoe.de
Ziegelwerk Klosterbeuren, 87727 Babenhausen	☎ 0 83 33 - 92 22 - 0	info@zwk.de	www.zwk.de
Ziegelwerk August Lücking, 33102 Paderborn	☎ 0 52 51 - 13 40 - 0	info@luecking.de	www.luecking.de
Stengel Ziegel, 86609 Donauwörth	☎ 09 06 - 706 18 - 0	info@stengel-ziegel.de	www.stengel-ziegel.de
Zeller-Poroton, 63755 Alzenau	☎ 0 60 23 - 97 76 - 0	info@zellerporoton.de	www.zellerporoton.de
Südwest Ziegel GmbH, 87700 Memmingen	☎ 0 83 31 - 96 40 - 0	info@sw-ziegel.de	www.sw-ziegel.de

EDITORIAL

Dipl.-Ing. Hans Peters
Geschäftsführer Mein Ziegelhaus

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes ist seit dem 1. Mai 2014 gesetzlich vorgeschrieben. Die EnEV 2014 regelt in Verbindung mit der aktuellen DIN 4108-2 von Februar 2013 die ingenieurmäßigen Nachweisverfahren. Nachgewiesen werden muss entweder in einem thermischen Simulationsverfahren die Begrenzung der Übertemperaturgradstunden oder in einem vereinfachten Verfahren die Unterschreitung eines vorgegebenen Sonneneintragskennwertes.

Der Gesetzgeber will mit diesen Anforderungen sicherstellen, dass Wohn- sowie Büro- und Gewerbebauten keine unverhältnismäßig hohen Innentemperaturen aufweisen. Als maximal vertretbare Temperatur für Büroarbeitsplätze sowie Wohnräume wird dabei 26° C angesehen. Die Einhaltung dieser Grenztemperatur ist inzwischen als gesetzlich geschuldet anzusehen; entsprechende Gerichtsurteile liegen vor. In Büro- und Gewerbebauten wird zur Sicherstellung des sommerlichen Wärmeschutzes deshalb häufig eine Klimaanlage vorgesehen. Dies kann auf Grund moderner Fassadenlösungen und erhöhter interner Wärmequellen sinnvoll sein, ist aber für Wohngebäude eine unnötig teure und vor allem energieintensive Lösung. Ganz im Sinne des energieeffizienten Bauens ist es mit massiven Gebäuden und einer intelligenten Planung problemlos möglich die Komfortbedingungen passiv, d. h. ohne jeden zusätzlichen Energieaufwand sicher zu stellen.

Die Nachweise zum sommerlichen Wärmeschutz sind daher so angelegt, dass rein über planerische Maßnahmen und deren baukonstruktive Umsetzung in Wohn- und Bürogebäuden keine unzumutbaren hohen Temperaturen auftreten. Unter „passiven Maßnahmen“ sind insbesondere die Gestaltung der Fassade in Abhängigkeit der Gebäudeorientierung und -lage zu verstehen, aber auch die Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes. Während die Struktur und Ausgestaltung der äußeren Hüllfläche vor allem den Eintrag solarer Energie durch die Fenster beeinflusst, trägt die Wärmespeicherfähigkeit dazu bei, Temperaturspitzen zu verhindern und somit für komfortable Raumbedingungen zu sorgen.

Nachfolgend wird die Nachweisführung des Sonneneintragkennwert-Verfahrens erläutert und an einem Beispiel verdeutlicht. Ergänzende Erläuterungen zum unterschiedlichen Temperaturverhalten von Gebäuden auf Grund deren unterschiedlichen Speicherfähigkeit sowie die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens runden das Thema ab. Die Nachweise können mit dem EnEV-Programm geführt werden, das auf CD oder als Download bei allen Mitgliedern der Mein Ziegelhaus Gruppe erhältlich ist. Selbstverständlich sind es gerade die Ziegel (Wandkonstruktionen), die über ein ausgewogenes Wärmedämm- und -speichervermögen verfügen und damit einen wesentlichen Beitrag für das energieeffiziente Bauen – im Sommer wie im Winter – leisten können.

SOMMERLICHER **WÄRMESCHUTZ**

Der sommerliche Wärmeschutz – auch Hitzeschutz genannt – gerät zunehmend in den Fokus von Bauherren, Architekten und Ingenieuren. Dies liegt zum einen an den zunehmend heißen Sommern, zum anderen auch daran, dass moderne Gebäude hochwärmedämmend ausgeführt werden und – um in den Wintermonaten hohe solare Wärmegewinne zu verzeichnen – große südorientierte Fensterflächen aufweisen. Diese Häuser „gewinnen“ im Sommer somit mehr Solarenergie, als sie durch Transmission (Wärmeleitung durch die Gebäudehülle) wieder abgeben können.

40
30
20
10
0
20

Sommerklimaregionen nach DIN 4108-2

BILD 1

Spalte	1	2	3
Zeile	Neigung der Fenster gegenüber der Horizontalen	Orientierung der Fenster[a]	Grundflächen bezogener Fensterflächenanteil[b] f_{WG} in %
1	über 60° bis 90°	Nordwest über Süd bis Nordost	10
2		Alle anderen Nordorientierungen	15
3	von 0° bis 60°	Alle Orientierungen	7

[a] Sind beim betrachteten Raum mehrere Orientierungen mit Fenstern vorhanden, ist der kleinere Grenzwert für f_{WG} bestimmend.

[b] Der Fensterflächenanteil f_{WG} ergibt sich aus dem Verhältnis der Fensterfläche (siehe Bild 2) 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.

Zulässige Werte des grundflächenbezogenen Fensterflächenanteils, unterhalb dessen auf einen sommerlichen Wärmeschutznachweis verzichtet werden kann

TABELLE 1: DIN 4108-2:2013-02; Tabelle 6

Eine derartige Entwicklung sommerlicher Überhitzungen verschärft sich grundsätzlich mit zunehmender Energieeffizienz; je weniger Energie im Winter zur Raumbeheizung aufgewendet werden muss, umso wichtiger wird der sommerliche Wärmeschutz. Diese Relevanz wird auch in den gesetzlichen und normativen Rahmenbedingungen aufgegriffen. Es geht einerseits um komfortable Wohnbedingungen, anderseits aber auch um Energieeinsparung, denn man will die maschinelle Klimatisierung von Wohngebäuden vermeiden.

Der sommerliche Wärmeschutz hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- dem solaren Energieeintrag, insbesondere durch die Fenster
- den sommerlichen Klimaregionen
- der wirksamen Wärmespeicherung (Massivität) des Gebäudes, insbesondere der inneren Wände und Decken
- den baulichen und aktiven Beschattungseinrichtungen
- den (nächtlichen) Lüftungsmöglichkeiten.

Vielfach unterschätzt wird dabei der Wärmeeintrag durch die Fenster. Die Solarkonstante beträgt (an der Grenze der Atmosphäre) ca. 1,35 kW/m^2. Davon kommen im Sommer je nach Bewölkung, Trübung, Höhenlage und Fensterneigung in Deutschland noch bis zu 2/3 an. Etwa die Hälfte dieser Strahlungsenergie tritt als diffuse, d.h. nicht direkt auftreffende Sonnenstrahlung auf die Fensteroberfläche auf. Diese diffuse Strahlung wird häufig vom Bewohner nicht als Energieeintrag wahrgenommen und eine Verschattung erfolgt erst dann, wenn direkte Sonnenstrahlung auf die Fenster trifft.

Der sommerlichen Klimaregion wird neben der Beurteilung der solaren Einstrahlung eine hohe Bedeutung beigemessen, weil die nächtliche Abkühlung das wesentliche Merkmal des passiven sommerlichen Wärmeschutzes ist und diese in Deutschland geografisch unterschiedlich ist. Die Sommerklima-Regionen haben sich zum Teil deutlich verändert, s. Bild 1. Die Einteilung in drei Regionen ist zwar unverändert, sommerkühle Regionen des Flachlandes sind allerdings wärmer geworden z.B. Schleswig-Holstein und weite Teile Hessens; kühlere Sommer werden südlich von Berlin verzeichnet. Die Versteppung der Landschaft hat abgenommen und eine zunehmende Vegetation führt zu deutlich geringeren sommerlichen Temperaturen und Einstufung in die gemäßigte Klimaregion B. Die deutschen Mittelgebirge sowie das Alpenvorland bilden nach wie vor die unkritischste Region A.

Die Energieeinsparverordnung schreibt einen Nachweis zur Begrenzung der sommerlichen Energieeinträge in Gebäude verbindlich vor. Normativ ist dies in der DIN 4108-2 (Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz) geregelt, die mit der Ausgabe Februar 2013 aktualisiert wurde. Durch die Aufnahme von Anforderungen und ingenieurmäßigen Nachweisverfahren (Kapitel 8 der DIN 4108-2 „Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz“) wird die Beachtung bzw. Berücksichtigung des Sachverhaltes zur „Regel der Technik“ und deren Einhaltung ist obligatorisch nachzuweisen.

Nach der aktuellen DIN 4108-2 sind entweder die Sonneneintragskennwerte (vereinfachtes Verfahren) oder die Übertemperatur-Gradstunden (genauere thermische Simulation) zu begrenzen. Es gilt als ausreichend, wenn die Berechnung auf den kritischsten Raum oder Raumbereich beschränkt wird. Auf eine Berechnung darf sogar verzichtet werden, wenn ein bestimmter – verhältnismäßig kleiner – grundflächenbezogener Fensterflächenanteil unterschritten wird, siehe Tabelle 1.

Zeile		Sonnenschutzvorrichtung[a]	F_C		
			g ≤ 0,40 (Sonnenschutzglas)	g > 0,40	
			zweifach	dreifach	zweifach
1		ohne Sonnenschutzvorrichtung	1,00	1,00	1,00
2		Innenliegend oder zwischen den Scheiben[b]			
	2.1	weiß oder hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz[c]	0,65	0,70	0,65
	2.2	helle Farben oder geringere Transparenz[d]	0,75	0,80	0,75
	2.3	helle Farben oder höhere Transparenz	0,90	0,90	0,85
3		Außenliegend			
	3.1	Fensterläden, Rollläden			
	3.1.1	Fensterläden, Rollläden, 3/4 geschlossen	0,35	0,30	0,30
	3.1.2	Fensterläden, Rollläden, geschlossen[e]	0,15[e]	0,10[e]	0,10[e]
	3.2	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen			
	3.2.1	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 45° Lamellenstellung	0,30	0,25	0,25
	3.2.2	Jalousie und Raffstore, drehbare Lamellen, 10° Lamellenstellung[e]	0,20[e]	0,15[e]	0,15[e]
	3.3	Markise, parallel zur Verglasung[d]	0,30	0,25	0,25
	3.4	Vordächer, Markisen allgemein, freistehende Lamellen[f]	0,55	0,50	0,50

[a] Die Sonnenschutzvorrichtung muss fest installiert sein. Übliche dekorative Vorhänge gelten nicht als Sonnenschutzvorrichtung.
[b] Für innen- und zwischen den Scheiben liegende Sonnenschutzvorrichtungen ist eine genaue Ermittlung zu empfehlen.
[c] Hoch reflektierende Oberflächen mit geringer Transparenz, Transparenz ≤ 10 %, Reflexion ≥ 60 %.
[d] Geringe Transparenz, Transparenz < 15 %.
[e] F_C-Werte für geschlossenen Sonnenschutz dienen der Information und sollten für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nicht verwendet werden. Ein geschlossener Sonnenschutz verdunkelt den dahinterliegenden Raum stark und kann zu einem erhöhten Energiebedarf für Kunstlicht führen, da nur ein sehr geringer bis kein Einfall des natürlichen Tageslichts vorhanden ist.
[f] Dabei muss sichergestellt sein, dass keine direkte Besonnung des Fensters erfolgt. Dies ist näherungsweise der Fall, wenn
- bei Südorientierung der Abdeckwinkel ß ≥ 50° ist;
- bei Ost- und Westorientierung der Abdeckwinkel ß ≥ 85° ist y ≥ 115° ist.
Der F_C-Wert darf auch für beschattete Teilflächen des Fensters angesetzt werden. Dabei darf F_s nach DIN V 18599-2:2011-12, A.2, nicht angesetzt werden.
Zu den jeweiligen Orientierungen gehören Winkelbereiche von 22,5°. Bei Zwischenorientierungen ist der Abdeckwinkel ß ≥ 80° erforderlich.

Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren F_C von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen in Abhängigkeit von der Fensterqualität

TABELLE 2: DIN 4108-2:2013-02; Tabelle 7

Bei Wohngebäuden kann dieser grundflächenbezogene Fensterflächenanteil auf 35 % angehoben werden, wenn die Fenster eine außenliegende Sonnenschutzvorrichtung mit einem Abminderungsfaktor $F_C \leq 0{,}30$ hat, vergl. Tabelle 2.

Im (vereinfachten) Nachweisverfahren wird über standardisierte Randbedingungen für den zu bewertenden Raum (oder Raumbereich) der jeweils vorhandene Sonneneintragskennwert S_{vorh} verglichen mit einem maximal zulässigen Sonneneintragskennwert S_{zul}.

Für den bezüglich sommerlicher Überhitzung zu untersuchenden Raum oder Raumbereich ist der vorhandene Sonneneintragskennwert S_{vorh} nach folgender Gleichung zu ermitteln.

$$S_{vorh} = \frac{\sum_j A_{w,j} \cdot g_{tot,j}}{A_G}$$

Dabei ist

- $A_{w,j}$ die Fensterfläche des j-ten Fensters, in m^2;
- g_{tot} der Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases einschließlich Sonnenschutz;
- A_G die Nettogrundfläche des Raumes oder des Raumbereichs in m^2.

Die Summe erstreckt sich über alle Fenster des Raumes oder des Raumbereiches.

Der Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases einschließlich Sonnenschutz g_{tot} kann vereinfacht nach folgender Gleichung berechnet werden.

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

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

Dabei ist

- g der Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases für senkrechten Strahlungseinfall nach DIN EN 410, bzw. zugesicherte Herstellerangabe;
- F_C der Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen nach Tabelle 2.

Der höchstens zulässige Sonneneintragskennwert S_{zul} ergibt sich aus folgender Gleichung.

$$S_{zul} = \sum S_x$$

Dabei ist

S_x der anteilige Sonneneintragskennwert nach Tabelle 3.

Der zulässige Sonneneintragswert wird dabei insbesondere von zwei Faktoren bestimmt:

- der möglichen Nachtlüftung
- der Massivität der Bauart.

Ohne weitere Nachweise ist dabei von der (kritischen) „leichten Bauart“ auszugehen. Mit Berechnung der wirksamen Wärmekapazität können aber die günstigeren Werte für die „mittlere“ oder „schwere“ Bauart angesetzt werden.

Vereinfacht kann von einer mittleren Bauart ausgegangen werden, wenn die massiven Innen- und Außenbauteile eine flächenanteilige gemittelte Rohdichte von ≥ 600 kg/m³ aufweisen. Dies ist bei üblichen Gebäuden in Ziegelbauweise praktisch immer gegeben. Die wirksame Wärmekapazität darf auch nach DIN EN ISO 13786 berechnet werden.

leichte Bauart: $C_{wirk} / A_G < 50$ Wh/(m² K);
gilt auch für Gebäudeplanungen ohne Festlegung der Baukonstruktion,

mittlere Bauart: 50 Wh/(m² K) ≤ C_{wirk} / AG ≤ 130 Wh/(m² K);
gültig für Wohnräume in Gebäuden aus Wärmedämmziegeln und mit massivem Innenausbau,

schwere Bauart: $C_{wirk} / A_G > 130$ Wh/(m² K);
Wohnräume in Ziegelgebäuden aus HLz mit ≥ 1,0 kg/dm³ und massivem Innenausbau

			Anteiliger Sonneneintragskennwert S_x					
Nutzung			Wohngebäude			Nichtwohngebäude		
Klimaregion[a]			A	B	C	A	B	C
Nachtlüftung und Bauart								
S_1	Nachtlüftung	Bauart[b]						
	ohne	leicht	0,071	0,056	0,041	0,013	0,007	0,000
		mittel	0,080	0,067	0,054	0,020	0,013	0,006
		schwer	0,087	0,074	0,061	0,025	0,018	0,011
	erhöhte Nachtlüftung[c] mit $n \geq 2\ h^{-1}$	leicht	0,098	0,088	0,078	0,071	0,060	0,048
		mittel	0,114	0,103	0,090	0,089	0,081	0,072
		schwer	0,125	0,113	0,101	0,101	0,092	0,083
	hohe Nachtlüftung[d] mit $n \geq 5\ h^{-1}$	leicht	0,128	0,117	0,105	0,090	0,082	0,074
		mittel	0,160	0,152	0,143	0,135	0,124	0,113
		schwer	0,181	0,171	0,160	0,170	0,158	0,145
Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f_{WG}[e]								
S_2	$S_2 = a - (b * f_{WG})$	a	0,060			0,030		
		b	0,231			0,115		
Sonnenschutzglas[f,i]								
S_3	Fenster mit Sonnenschutzglas mit $g \leq 0,4$		0,03					
Fensterneigung[g,i]								
S_4	$0^o \leq$ Neigung $\leq 60^o$ (gegenüber der Horizontalen)		$-0,035f_{neig}$					
Orientierung[h,i]								
S_5	Nord-, Nordost- und Nordwest-orientierte Fenster soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen > 60^o ist, sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind.		$+0,10f_{nord}$					
Einsatz passiver Kühlung								
S_6	Bauart							
	leicht		0,02					
	mittel		0,04					
	schwer		0,06					

Anteilige Sonneneintragskennwerte zur Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes

TABELLE 3

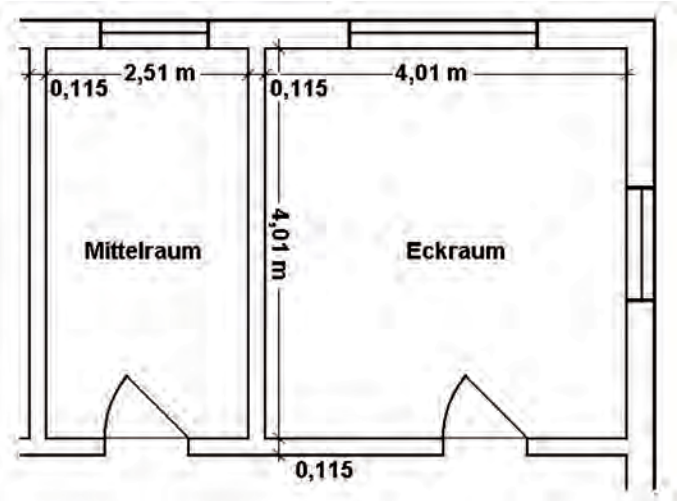
Um eine schnelle Übersicht der Bauarten zu ermöglichen, sind für verschiedene Raumsituationen die grundflächenbezogenen Wärmespeicherfähigkeiten ermittelt worden. Den Berechnungen liegt die Grundrisssituation in Bild 2 zugrunde.

Werden die oben dargestellten Musterräume in einem Normalgeschoss mit einer lichten Raumhöhe von 2,5 m in monolithischer Ziegelbauweise mit einer mittleren Rohdichte sämtlicher Wände von etwa 0,7 kg/dm³ erstellt, ergeben sich bei Verwendung von Stahlbetondecken mit schwimmendem Estrich flächenbezogene wirksame Wärmespeicherfähigkeiten C_{wirk}/A_G von ca. 125 Wh/(m² K) für den Eckraum und circa 135 Wh/(m² K) für den Mittelraum. Wird statt der Stahlbetongeschossdecke als obere Raumbegrenzung ein geneigtes, vollsparrengedämmtes Dach und anteilig eine Kehlbalkendecke angesetzt, reduzieren sich die wirksamen Wärmespeicherfähigkeiten auf C_{wirk}/A_G von circa 90 Wh/(m² K) für den Eckraum und circa 70 Wh/(m² K) für den Mittelraum. Damit ist für alle Fälle eine sichere Einstufung in die mittlere Bauart gegeben.

Werden für die gleiche Raumsituation Mauerziegel mit Wandrohdichten von über 1,0 kg/dm³ eingesetzt, können Räume in massiven Normalgeschossen in der Regel in die schwere Bauart eingestuft werden, da C_{wirk}/A_G > 130 Wh /(m² K) beträgt. Dabei spielt die Dicke der Außenwand rechnerisch keine Rolle, da maximal 10 cm Bauteildicke von der Raumseite rechnerisch angesetzt werden dürfen. Bei Innenbauteilen darf lediglich deren halbe Bauteildicke bis max. 10 cm in Ansatz gebracht werden. Dämmstoffe innerhalb mehrschichtiger Bauteile begrenzen die Wärmespeicherkapazität auf die raumseitig davor liegenden Schichten.

In Dachgeschossen mit überwiegenden Ausbauten aus Gipskartonständerwerk muss von einer Einstufung zur leichten Bauart ausgegangen werden. Gleiches gilt bei Entkopplung der raumseitigen Speichermassen durch z.B. abgehängte Decken. Vereinfacht wird für Wohngebäude von der Möglichkeit einer erhöhten Nachtlüftung ausgegangen. Bezogen auf eine Lüftungsanlage muss ein zweifacher nächtlicher Luftwechsel pro Stunde gewährleistet sein.

Von einer hohen Nachtlüftung kann ausgegangen werden, wenn eine geschossübergreifende Durchlüftung möglich ist, oder ein nächtlicher fünffacher Luftwechsel pro Stunde sichergestellt ist. Wie die allgemeine Erfahrung zeigt, verhalten sich Gebäude in Ziegelbauart in Bezug auf den sommerlichen Wärmeschutz außergewöhnlich günstig. Dies liegt neben der hohen Wärmespeicherkapazität der Ziegel insbesondere am Verhältnis zwischen Wärmeleitung und Wärmespeicherung, aber auch an seinem Vermögen, Luftfeuchte-Spitzen sehr schnell „abzupuffern“ (eine hohe Luftfeuchtigkeit wird bei hohen Lufttemperaturen als sehr unangenehm wahrgenommen).



Den Musterrechnungen zugrunde liegende Raumanordnung

BILD 2

Räume / Flächen in m²	Grundfläche	Außenwand	Fenster	Innenwand	Boden	Decke	Tür
Eckraum	16,0	12,5	7,5	18,2	16,0	16,0	1,8
Mittelraum	10,0	4,1	2,1	24,5	10,0	10,0	1,8

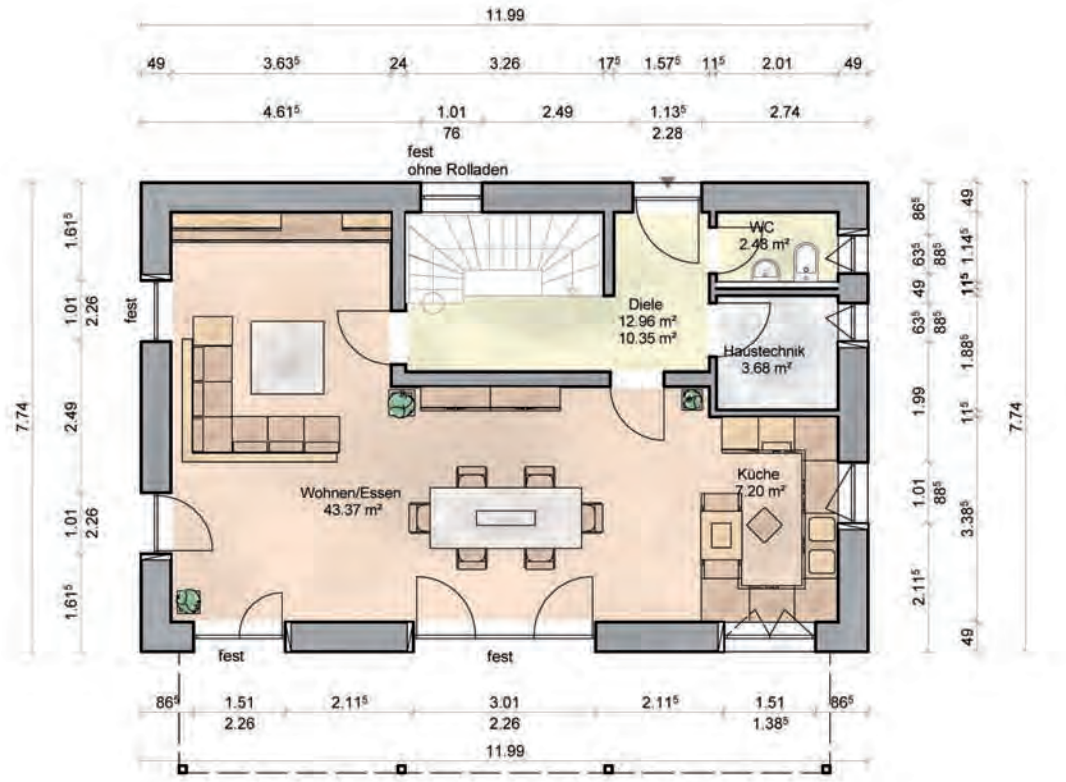
Vergleich Vereinfachtes Verfahren – Simulationsrechnung

Bei herkömmlichen Gebäuden wird standardmäßig das vereinfachte Nachweisverfahren der Sonneneintragskennwerte angewandt. Für das im Folgenden dargestellte Ziegelgebäude wird der Nachweis für sämtliche Aufenthaltsräume geführt; siehe Bild 3.

Die Außenwände aus hochwärmedämmenden Ziegelmauerwerk MZ7 der Wanddicke 49 cm weisen einen Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,14 W/(m² K) auf. Die Geschossdecke sowie der Fußboden sind aus Stahlbeton, die Innenwände aus Hochlochziegelmauerwerk der Rohdichteklasse 1,2 ausgeführt. Die 3-fach verglasten Fenster weisen einen Gesamtenergiedurchlassgrad von 51 % auf, d.h. etwa die Hälfte der auf die Fenster einfallenden Sonnenenergie wird an der Fensterinnenseite dem Raum als Wärmeeintrag zur Verfügung gestellt.

Ansicht des nachgewiesenen Einf

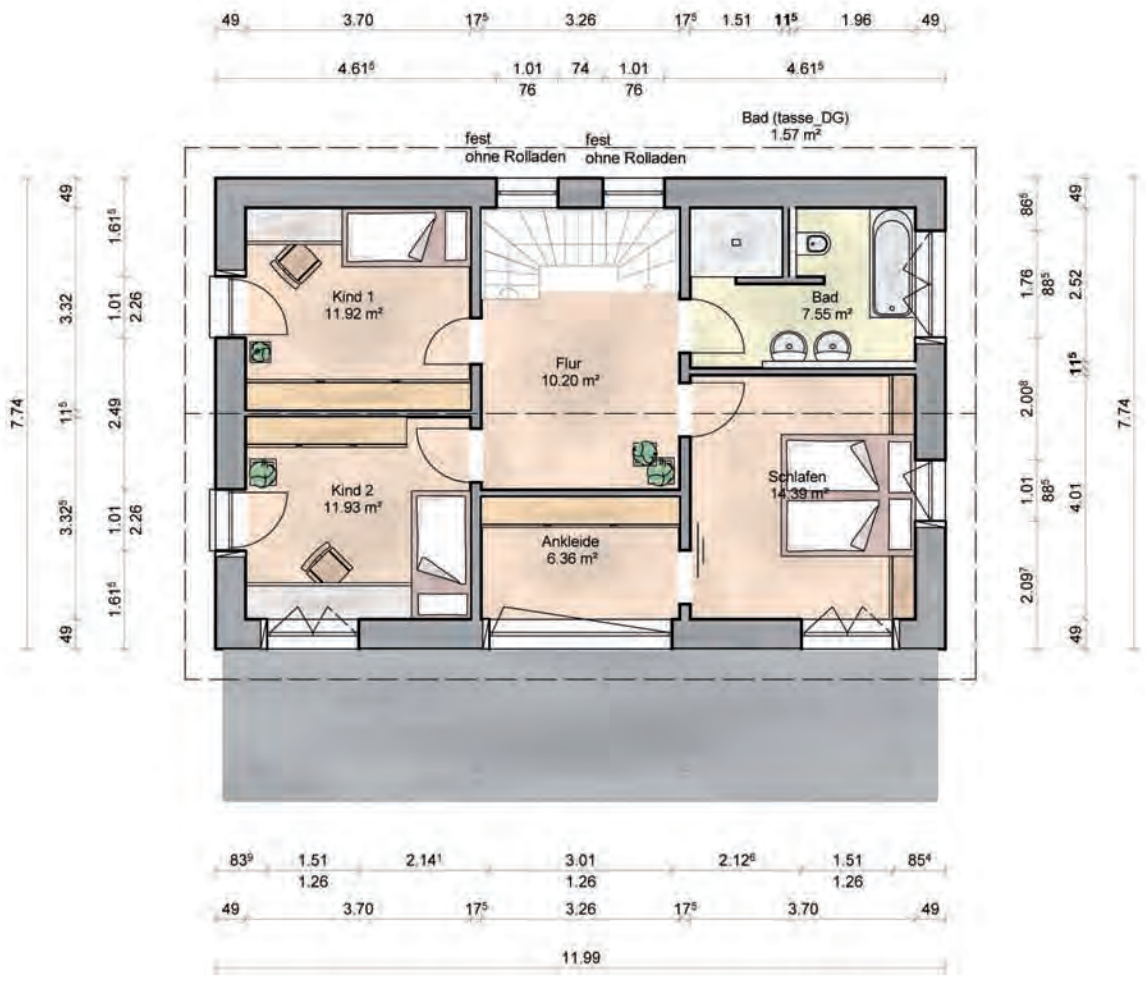
BILD 3



Grundriss des Erdgeschosses

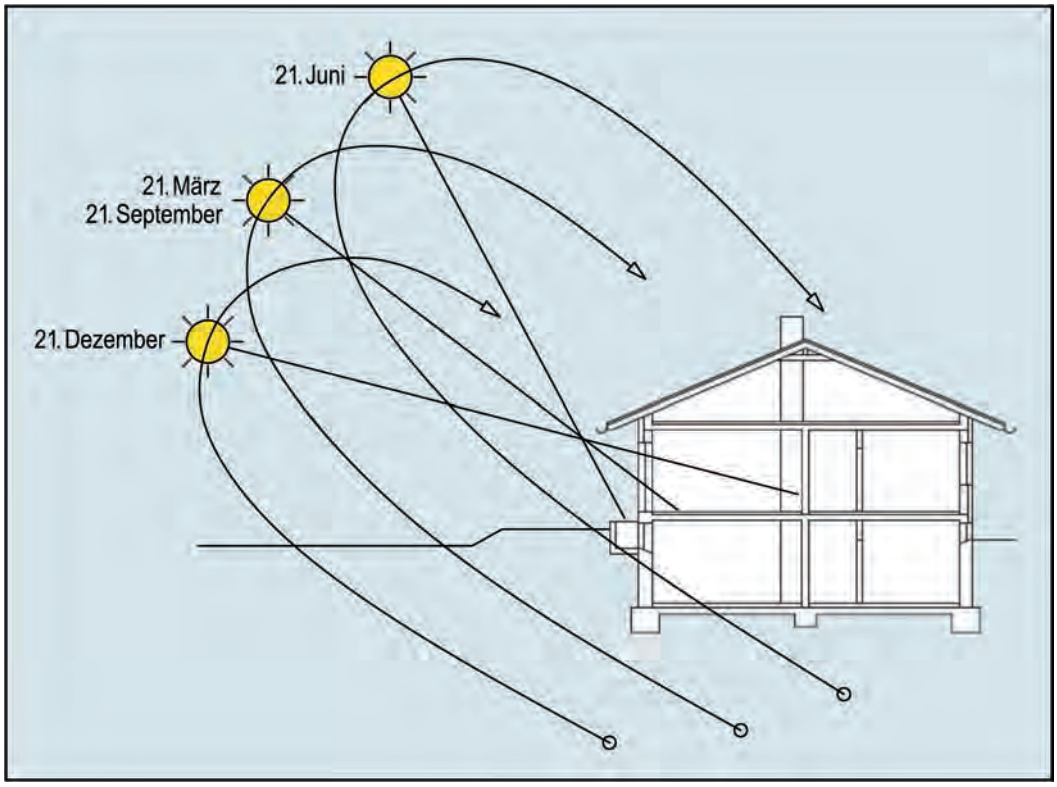
BILD 4

familienhauses mit Obergeschossgrundriss (Bild 5) und Erdgeschossgrundriss (Bild 4)



Grundriss des Obergeschosses

BILD 5



Sonnenhöchststände im Jahresverlauf

BILD 6

Grundsätzlich sind Wohngebäude mit grundflächenbezogenen Fensterflächenanteilen ≤ 35 % und außenliegenden beweglichen Verschattungseinrichtungen vom Nachweis gemäß DIN 4108-2 befreit. Denn nicht in allen Fällen kann der Nachweis nach dem vereinfachten Verfahren unter den Randbedingungen eines beweglichen außenliegenden Sonnenschutzes oder einer Abschattung durch z.B. ein Vordach und ohne eine erhöhte Nachtlüftung erfolgreich geführt werden.

	Fenster					
Raum / Raumgruppe	Fensterflächenanteil f_{WG}	Gesamtenergiedurchlassgrad g	Orientierung	Verschattung	Zusätzliche Maßnahme	Nachweis erbracht
Wohnen / Essen / Küche - EG	35%	0,51	O/S/W	S Vordach O/W keine	erhöhte Nachtlüftung > 2 h^{-1}	ja
Kind 1 - DG	19%	0,51	W	Rollläden W	keine	ja
Kind 2 - DG	35%	0,51	S/W	Rollläden S/W	erhöhte Nachtlüftung > 2 h^{-1}	ja
Schlafen - DG	20%	0,51	S/O	Rollläden S/W	keine	ja

Die Berechnungsergebnisse lassen erkennen, dass bei hohen grundflächenbezogenen Fensterflächenanteilen – als Grenzwerte gelten etwa 25 % – zusätzlich zur Verschattung weitere Maßnahmen wie z.B. eine erhöhte Nachtlüftung zur Einhaltung der Anforderungen erforderlich werden. Kann eine erhöhte Nachtlüftung nicht realisiert werden, z.B. in Schlafräumen, in denen in den Sommermonaten nachts die Fenster auf Grund von Außenlärm nicht geöffnet werden können, oder die geplanten Fensterflächenanteile einen Wert von 35 % überschreiten, kann der Nachweis zu einer Verkleinerung der Fensterflächen führen. Ansonsten weist die Nichteinhaltung der Anforderungen darauf hin, dass eine passive Kühlung über Bauteilaktivierung oder aber im energetisch ungünstigeren Fall eine aktive maschinelle Kühlung zur Gewährleistung eines sommerlichen Komforts erforderlich wird.

Sollen große Fensterflächen realisiert werden, empfehlen sich dynamische Simulationsrechnungen derartiger Raumsituationen. Diese berücksichtigen die solaren Einträge, die Speicherfähigkeit der Bauteile und die Nutzungsrandbedingungen sehr viel genauer als im Vereinfachten Nachweisverfahren. Unterzieht man das Einfamilienhaus einer solchen Untersuchung fällt auf, dass in der Erdgeschosssituation bei heute üblichen Fenstersystemen mit 3-fach Verglasung wichtig ist, dass vor allem geschosshohe Ost- und Westfenster eine bewegliche Verschattung wie z.B. Rollladen oder Raffstores erhalten, damit bereits in der Übergangsjahreszeit eine tief stehende Sonne bei Bedarf abgeschattet werden kann.

Die Ergebnisse einer Simulation zeigen das Überhitzungspotential der Räume als sogenannte Übertemperaturgradstunden auf. Diese Kenngröße bezeichnet als Grenzwert die Anzahl der Stunden im Jahr, in denen der Schwellenwert der Raumtemperatur von z.B. 26° C an einem gemäßigten Sommerklimastandort multipliziert mit der Temperaturüberschreitung 1.200 Kelvinstunden pro Jahr nicht überschreiten soll.

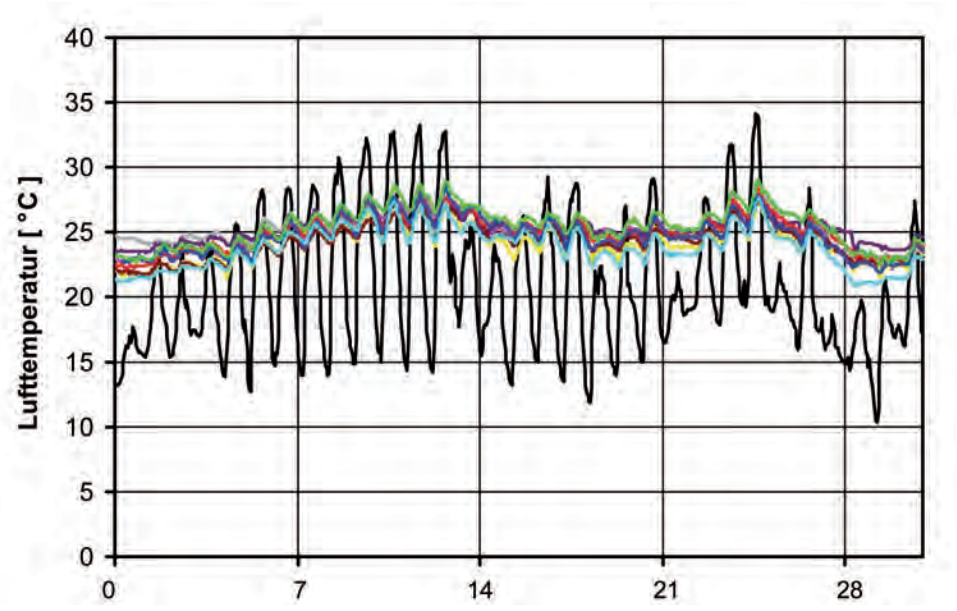
Werden die zuvor bewerteten Räume thermisch simuliert, ergeben sich die in der folgenden Tabelle zusammengefassten Übertemperaturgradstunden.

	Fenster						
Raum / Raumgruppe	Fensterflächenanteil f_{WG}	Gesamtenergiedurchlassgrad g	Orientierung	Verschattung	Zusätzliche Maßnahme	Übertemperaturgradstunden*	Nachweis erbracht
Wohnen / Essen / Küche - EG	35%	0,51	O/S/W	S Vordach O/W keine	erhöhte Nachtlüftung > 2 h^{-1}	400 Kh/a	ja
Kind 1 - DG	19%	0,51	W	Rollläden W	keine	10 Kh/a	ja
Kind 2 - DG	35%	0,51	S/W	Rollläden S/W	erhöhte Nachtlüftung > 2 h^{-1}	190 Kh/a	ja
Schlafen - DG	20%	0,51	S/O	Rollläden S/W	keine	20 Kh/a	ja

* unter Voraussetzung eines erhöhten Tagluftwechsels ab 23 Grad C Raumtemperatur.

Temperaturverhalten ausgeführter Wohngebäude

Das sommerliche Temperaturverhalten von neun Ziegel-Niedrigenergiehäusern ist durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik an bewohnten Gebäuden messtechnisch dokumentiert worden [1]. In einer heißen Sommerperiode im August sind die mittleren Raumlufttemperaturen der Einfamilienhäuser (Bild 7, farbig) den Außenlufttemperaturen (Bild 7, schwarze Kurve) gegenübergestellt worden. Selbst an den besonders heißen Tagen mit Außenlufttemperaturen von bis zu etwa 33° C liegen die maximalen Innentemperaturen etwa 5 K unter diesen. Ein Aufschaukeln der Innentemperaturen ist zwar erkennbar, allerdings zeigen alle Häuser eine ähnliche Tendenz stark gedämpfter Raumtemperaturen. Dies auch, obwohl ein unterschiedliches Nutzerverhalten hinsichtlich Belüftung und Belegungsdichte der Wohnhäuser vorzufinden ist. Die nach DIN 4108-2 vorgegebene Grenztemperatur beträgt für den Standort der Häuser 26° C, entsprechend der Sommer-Klimaregion B. Im Monat August wurde an nur wenigen Tagen die 26° C Raumlufttemperatur überschritten. Der höchste gemessene Wert in einem Wohnhaus betrug 29° C.



Tagesgang der Außenlufttemperatur (schwarz) und der mittleren Gebäudetemperaturen der 9 Niedrigenergiehäuser (farbig) im August nach [1]

BILD 7

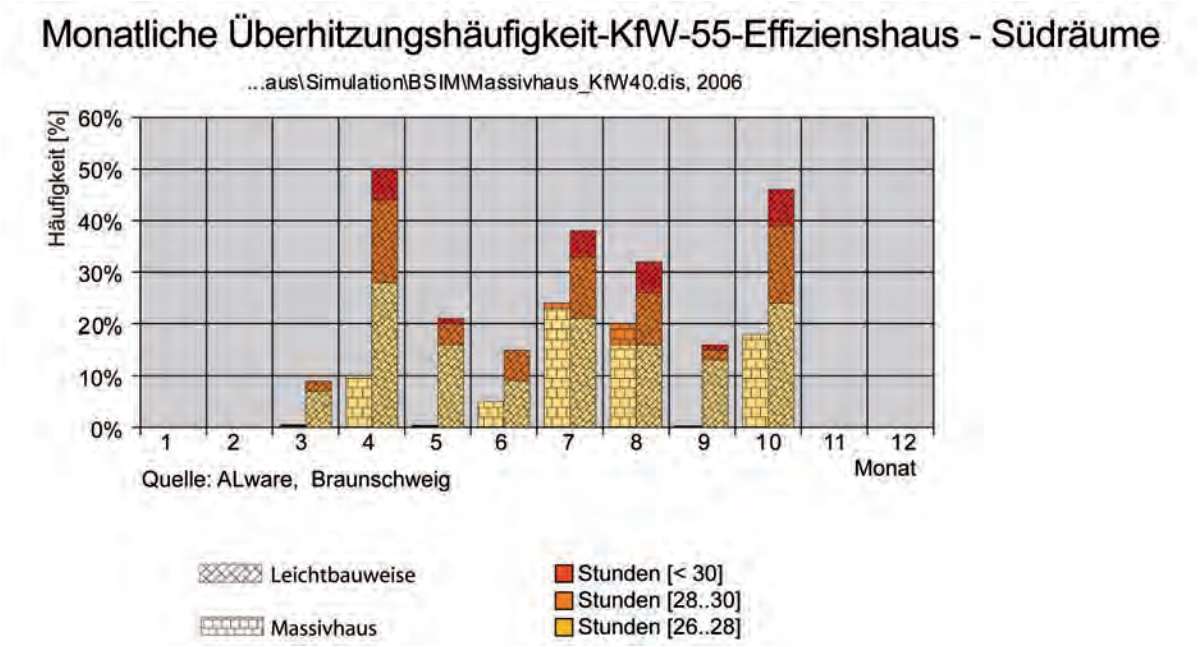
Gebäudeansichten des untersuchten Einfamilienhauses in Leicht- und Massivbauweise [2]

BILD 8

Rechnerischer Vergleich
Massivhaus – Leichtbauweise

Grundlage einer dynamischen Simulation ist ein alternativ in Massivbauweise und in Leichtbauweise errichtetes, unterkellertes Einfamilienhaus mit einem nach Süden orientierten Pultdach [2]. 35,8 % der Fensterflächen sind nach Süden, 13,9 % nach Westen, 18,4 % nach Osten und 23,0 % nach Norden gerichtet. Die Wohnfläche beträgt 138,8 m², die gesamte Nutzfläche einschließlich Keller 209,7 m². Die U-Werte des Daches, der Fenster und des Kellers sind in beiden Bauausführungen identisch. Bei den Außenwänden wichen die Dämmwerte durch die unterschiedliche Konstruktion leicht ab (U = 0,22 W/(m² K) bei der Massivbauweise und U = 0,20 W/(m² K) bei der Leichtbauweise). Die U-Werte der Innenwände und der Geschossdecke über dem Erdgeschoss sind konstruktionsbedingt unterschiedlich.

Die wirksame, auf die Nettogrundfläche bezogenene Wärmespeicherkapazität gemäß DIN 4108-2 beträgt für das Massivhaus 144 Wh/(m² K). Eine typische Leichtbauweise weist dagegen einen Wert von 47 Wh/(m² K) auf.



Häufigkeiten monatlicher Überhitzungsstunden über 26° C für Massivhaus und Leichtbauweise nach [2]

BILD 9

Für die internen Wärmequellen sowie für die Belüftung und den Sonnenschutz werden einheitliche Randbedingungen festgelegt. Alle wärmeschutzverglasten Fenster auf der Süd-, Ost- und Westseite erhalten Verschattungseinrichtungen mit einem Verschattungsfaktor bis zu 50 %. Die Verschattung wird abhängig von der Einstrahlung in der Fensterebene aktiviert. Verglichen werden die Raumtemperaturen innerhalb des Hauses über das gesamte Jahr des beispielhaft gewählten sommerheißen Klimastandortes Frankfurt. Das Massivhaus zeigt deutlich niedrigere Überhitzungshäufigkeiten.

Im Jahresmittel liegen die Raumtemperaturen der südlichen Erdgeschosszone zu 3,4 % der Jahresstunden bei Temperaturen über 26° C. Die Maximaltemperatur der Innenräume beträgt 28,9° C. Bei der Leichtbauweise liegen die Jahresstunden > 26° C bei 13,1 % mit einer Maximaltemperatur der Innenräume von 32,8° C. Die Raumtemperaturen schwanken im Massivhaus deutlich weniger. Die Tage mit Überhitzungsgefahr beschränken sich beim Massivhaus weitgehend auf die Monate Juli und August, bei der Leichtbauweise bestehen Überhitzungsstunden im Zeitraum von April bis Oktober.

Fazit

Der Sommerliche Wärmeschutz ist entsprechend der Energieeinsparverordnung (EnEV) und DIN 4108-2 eine geschuldete Eigenschaft, also auch ohne besondere vertragliche Vereinbarung zu gewährleisten. Ergebnisse gemessener Ziegelmassivhäuser sowie rechnerische Simulationen zeigen, dass die Massivbauweise hinsichtlich der maximalen Raumtemperaturen und der Häufigkeit der Temperaturüberschreitung normativ festgelegter Grenzwerte sehr günstig abschneidet. Hochwärmegedämmte Ziegelhäuser mit monolithischen Außenwänden können hinsichtlich ihrer Speicherfähigkeit mindestens der mittleren Bauart, häufig auch der schweren Bauart zugeordnet werden. Damit erreicht der Ziegel aufgrund der Kombination von Wärmedämmung und Wärmespeicherung ein sehr gutes Verhalten in Bezug auf den sommerlichen Wärmeschutz bei massiven Wohnbauten.

Literatur

[1] Kluttig, H., Erhorn, H.: Niedrigenergiehäuser in Ziegelbauweise – Abschlussbericht. Bericht WB 100/1998 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart (1998).

[2] Massiv Mein Haus: Wohnhaus und Bauweise –
Studie zum thermischen Raumklima,
Friedberg, Juli 2006.

mein ziegelhaus®

TECHNISCHE WERTE

Produkt	Wanddicke (mm)	Wärmeleitfähigkeit λ_R (W/(mK))	U-Wert (W/m²K)	Schallschutz $R_{w,Bau,ref}$ (dB)	Brandschutz DIN 4102-2 (EN 13501-2)	Festigkeitsklasse	Druckspannung σ_0 (MN/m²)	Gebäudetyp	Energieeffizienzklasse
MZ70	300	0,07	0,22	Keine Anforderungen bei EFH, RH, DH	F30-A (REI 30)	8	0,55	RH DH EFH	EnEV Eff 70 Eff 55 PH Eff 40
	365		0,18						
	425		0,16						
	490		0,14						
MZ8	300	0,08	0,25	Keine Anforderungen bei EFH, RH, DH	F 90-A (REI 90)	8	0,65	RH DH EFH	EnEV Eff 70 Eff 55
	365		0,21						
	425		0,18						
MZ90-G	300	0,09	0,28	48,2	F 90-A (REI-M 90)	12	1,15	RH DH EFH MFH	EnEV Eff 70 Eff 55
	365		0,23	50,0					
	425		0,20	—[1]					
MZ10	300	0,10	0,30	49,4	F 120-A (REI-M 120)	12	1,15	RH DH EFH MFH	EnEV Eff 70
	365		0,25	51,3					
	425		0,22	51,3					

LEGENDE

Gebäudetypen	RH Reihenhaus	DH Doppelhaus	EFH Einfamilienhaus	MFH Mehrfamilienhaus
Energieeffizienzklassen	EnEV Standard	Eff 70 KfW Effizienzhaus 70	Eff 55 KfW Effizienzhaus 55	Eff 40 KfW Effizienzhaus 40	PH Passivhaus Standard

[1] Prüfstandsmessung liegt noch nicht vor

Mein Ziegelhaus. Denn Ziegel ist Zukunft.

Ziegelwerk Bellenberg, 89287 Bellenberg	0 73 06 - 96 50 - 0	info@ziegelwerk-bellenberg.de	www.ziegelwerk-bellenberg.de
JUWÖ Poroton Werke, 55597 Wöllstein	0 67 03 - 910 - 0	info@juwoe.de	www.juwoe.de
Ziegelwerk Klosterbeuren, 87727 Babenhausen	0 83 33 - 92 22 - 0	info@zwk.de	www.zwk.de
Ziegelwerk August Lücking, 33102 Paderborn	0 52 51 - 13 40 - 0	info@luecking.de	www.luecking.de
Stengel Ziegel, 86609 Donauwörth	09 06 - 706 18 - 0	info@stengel-ziegel.de	www.stengel-ziegel.de
Zeller-Poroton, 63755 Alzenau	0 60 23 - 97 76 - 0	info@zellerporoton.de	www.zellerporoton.de
Südwest Ziegel GmbH, 87700 Memmingen	0 83 31 - 96 40 - 0	info@sw-ziegel.de	www.sw-ziegel.de