

Holztafelbau – Leichtbauweise ein Nachteil?

Thermisch-Energetische Untersuchungen - Vergleich zwischen EnEV und Realität

Prof.-Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer und Dipl.-Ing. (FH) Arne Bretschneider
BBS INSTITUT, Wolfenbüttel-Hildesheim

1. Einleitung

Am 01.02.2002 trat die Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 16.11.2001 in Kraft. Wie bei den meisten neuen Normen und Verordnungen im Bauwesen gibt es auch hier in der Anfangszeit Gewöhnungsprobleme bei der Umsetzung in die Praxis. Gerade in Bezug auf die Anwendung der zur Verfügung stehenden Nachweisverfahren gibt es insbesondere für den Holztafelbau kaum Erfahrungswerte. Aus diesem Grund stehen im ersten Teil der Untersuchung die Ermittlung des Energiebedarfs nach EnEV mit ihren verschiedenen Nachweismodellen in Verbindung mit unterschiedlichen Ansatzmöglichkeiten der Eingangsparameter im Vordergrund.

Im zweiten Teil der Untersuchung wird das thermische und energetische Verhalten eines Referenzgebäudes mit Hilfe einer Gebäudesimulation berechnet. Hierbei soll der noch immer in den Köpfen verankerten Meinung Leichtbau bedeutet a priori Barackenklima nachgegangen werden. Zum einen werden die unterschiedlichen energetischen Qualitäten von Leicht- und Massivbau miteinander verglichen und zum anderen soll der quantitative Einfluss des Nutzerverhaltens hinsichtlich Sonnenschutzaktivierung und Gebäudelüftung auf den Heizwärmeverbrauch geprüft werden.

2. Grundlagen der Berechnung

2.1. Die Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die EnEV liefert die gesetzliche Grundlage zum Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes an Gebäuden. Es stehen zwei Nachweismodelle zur Verfügung:

1. Heizperioden – Bilanzverfahren (vereinfachtes Verfahren für Wohngebäude)
2. Monats – Bilanzverfahren

Gegenüber dem bisherigen Nachweisverfahren der Wärmeschutzverordnung, zeichnet sich die EnEV durch eine vergleichsweise hohe Komplexität mit vielen Verschachtelungen und Querverweise aus. Hierdurch erhöht sich das Risiko von Fehlinterpretationen. (Weitere Angaben zur Handhabung der Nachweismodelle siehe [1]).

Charakter des Nachweisverfahrens nach EnEV

Gegenstand	baulicher und anlagentechnischer Wärmeschutz	
Bewertungskriterium	Jahres-Primärenergiebedarf (Hauptanforderung) Transmissionswärmeverlust (Nebenanforderung)	
Struktur	Heizperioden- Bilanzverfahren	Monats- Bilanzverfahren
	Vereinfachtes Nachweisverfahren für Wohngebäude als Bestandteil der EnEV	Erweitertes Nachweisverfahren gemäß DIN V 4108-6
Randbedingungen	normierte Annahmen mit ausreichend Sicherheiten - Außenklima (Referenzklima nach DIN V 4108-6) - Nutzung (einheitlich) - Bauweise (einheitlich) - Heizungsanlage (differenziert) - Wärmebilanzmodell mit sinnvollen Vereinfachungen	Detaillierte Annahmen für den Anwendungsfall - Außenklima (Referenzklima nach DIN V 4108-6) - Nutzung (mehrfach abgestuft) - Bauweise (schwer / leicht) - Heizungsanlage (differenziert) - detailliertere Betrachtung der Wärmeübertragungsvorgänge - zusätzliche Ansatzmöglichkeiten für RLT, WRG, Nachtabsenkung, TWD, Wintergarten...)
Beurteilung	- einfach - geringe Genauigkeit - „Sichere-Seite“-Methode	- zeitaufwändiger - höhere Genauigkeit - Anwendung ist sinnvoll wenn Anforderungsniveau nur sehr knapp erfüllbar ist

Betrachtet man den Aufwand in der Anwendung der beiden unterschiedlichen Verfahren so muss dem Anwender / Bauherrn bewusst sein, dass das Vereinfachte Verfahren, da es auf der ‚sicheren‘ Seite liegt, einen maximalen Wärmeschutz, d.h. eine Maximierung der investiven Kosten bewirkt. Die für den Betrieb des Gebäudes benötigte Energie wird jedoch durch den höheren Einsatz von Wärmedämmmaßnahmen minimiert. Das Monatsbilanz-Verfahren ermittelt den vom Gesetzgeber einzuhaltenen Wärmeschutz für das Gebäude detaillierter. Somit werden die investiven Kosten reduziert. Die für den Betrieb des Gebäudes benötigte Energie wird jedoch durch den vergleichsweise etwas geringeren Wärmeschutz höher.

Ferner besteht die Gefahr, dass der mit dem Monatsbilanz-Verfahren ermittelte Energieverbrauch suggeriert, es handle sich um den tatsächlich zu erwartenden Jahres-Energiebedarf des betreffenden Gebäudes.

2.2. Thermisch-energetische Gebäudesimulation

Thermisch – energetische Berechnungen nach EN 832 und DIN V 4108-6 können nicht alle Abhängigkeiten die für das thermische Verhalten von Gebäuden entscheidend sind ausreichend genau berücksichtigen. Das Nutzerverhalten ist weitestgehend genormt und die Anrechnung des instationären, d. h. zeitabhängigen Anteiles an den Wärmeübertragungsvorgänge erfolgt anhand von relativ grob klassifizierten Pauschalwerten.

Auf der Grundlage eines vom Solar Energy Laboratory der University of Wisconsin-Madison erstellten Rechenprogrammes, TRNSYS, zur Ermittlung von Heiz- und Kühlleistungen sowie Lufttemperaturen und -feuchten können grundlegende Berechnungen ‚realer‘ Energieverbräuche durchgeführt werden. Das Rechenprogramm ist ein modulares Simulationsprogramm, das dynamische Effekte berücksichtigt, die nach aktuellen Angaben zugrunde gelegt werden.

Die sich auf natürliche Weise, d. h. unter den äußeren und inneren thermischen Einflüssen ohne Heizung oder Kühlung einstellende Raumlufttemperaturen sind vor allem ein Beurteilungsmaßstab für die wärmetechnische Ausbildung von Gebäuden im Hinblick auf ein energiesparendes und klimagerechtes Bauen. Ergänzende Anwendungen ermöglichen es, Klimazustände in einem Raum in Abhängigkeit des Außenklimas, der Nutzung, etc. zu beschreiben. Es kann so das thermische Verhalten von Gebäuden bei Aufheiz- und Auskühlvorgängen unter nicht periodischen Tagesgängen untersucht werden. (Weitere Informationen zu Simulationsberechnungen siehe [2])

2.3. Gebäudebeschreibung des betrachteten Gebäudes

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein 1 ½ - geschossiges Einfamilienhaus mit quadratischem Grundriss. Untersucht wurde das Gebäude sowohl als Holztafelbau (HT – Bau), wie auch als Massivbau. Bei der Massivbauweise besteht der Außenwandaufbau aus Porenbeton mit einem Wärmedämmverbundsystem. Beide Bauarten weisen einen vergleichbaren Wärmedämmstandard auf. Die Flächen und Wärmeübergangskoeffizienten sind Tabelle 1 zu entnehmen.

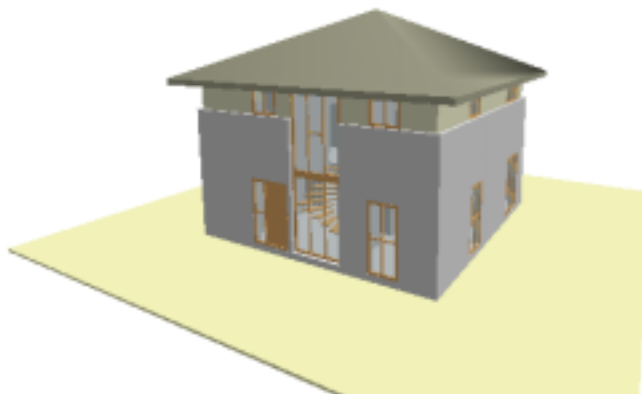


Bild 1 Ansicht des Gebäudes

	Flächen- Volumen- berechnung	U-Werte	
		Holzbau- Standard	Massivbau- Standard
	m ² /m ³	W/(m ² K)	W/(m ² K)
Außenwände:			
AW1	74,60	0,19	0,20
AW2	40,92	0,12	
AW3	25,95	0,18	
Fenster:	44,44	1,60	1,60
Bodenplatte:	85,38	0,31	0,31
Steildach:	92,40	0,24	0,24
Gesamt:	363,69		
Volumen:	483,53		
A _N :	155,00		

Tabelle 1 Gebäudedaten der untersuchte Bauweisen

2.4. Wärmebrücken

Im Rahmen der Nachweisführung zum energiesparenden Wärmeschutz nach der EnEV müssen für das beheizte Gebäude die Wärmebrückeneinflüsse an den wärmeübertragenden Umfassungsflächen berücksichtigt werden. Für die Ermittlung der Energieverluste über die Wärmebrücken stehen hierzu folgende Ansatzmöglichkeiten zur Verfügung:

Methode		ΔU_{WB} [W/(m²K)]
Pauschal	ohne Nachweis	0,10
Pauschal	mit Nachweis nach DIN 4108, Beiblatt 2	0,05
Detailliert	Berechnung aller linienförmigen Wärmebrücken Holztafelbau	0,016
	Berechnung aller linienförmigen Wärmebrücken Massivbau	0,019

Tabelle 2 Mögliche Ansätze von Wärmebrücken in der Berechnung nach EnEV

3. Berechnungsgang nach EnEV für Holztafelbau

Ziel der Untersuchung ist es, herauszufinden welche Jahres-Heizwärmebedarfe sich für den Holztafelbau bei unterschiedlichen Ansätzen der

- Luftwechselraten
 - Wärmebrückenpauschalen
- beim
- Vereinfachten Verfahren
 - Monatsbilanz-Verfahren

ermitteln lassen. Als Klima wurde das Referenzklima für Deutschland nach DIN V 4108-6 angesetzt.

Nach EnEV gibt es zur Berechnung der Lüftungswärmeverluste zwei Ansatzmöglichkeiten für die Luftwechselrate, siehe folgende Tabelle:

Voraussetzung für den Ansatz der Luftwechselrate nach EnEV Anhang 4

ohne raumluftechnische Anlagen		mit raumluftechnischen Anlagen
Druckdifferenz nach Blower-Door-Test		Druckdifferenz nach Blower-Door-Test
$\leq 3,0 \text{ h}^{-1}$		$\leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
erfüllt	nicht erfüllt	erfüllt $n \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
$n = 0,6 \text{ h}^{-1}$	$n = 0,7 \text{ h}^{-1}$	

Hieraus ergibt sich für die Vorgehensweise nach der Frage des Ansatzes

1. mit Luftdichtheitsprüfung ($n = 0,6 \text{ h}^{-1}$)
2. ohne Luftdichtheitsprüfung ($n = 0,7 \text{ h}^{-1}$).

Die Ergebnisse der Berechnung für das Vereinfachte Verfahren und das Monatsbilanz-Verfahren mit den Varianten der Gebäudedichtheit sowie der Berücksichtigung unterschiedlicher Wärmebrücken sind in der Tabelle 3 aufgeführt.

	Holzbautafelbau	
	Dichtheitsprüfung	Dichtheitsprüfung
Verluste :		
Transmission	W/K	W/K
VN - Verfahren	151,10	151,10
MB-Verfahren $\Delta U_{\text{UG}} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	165,10	165,10
MB-Verfahren $\Delta U_{\text{UG}} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	149,14	149,14
MB-Verfahren $\Delta U_{\text{UG}} = 0,016 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	138,92	138,92
Lüftung		
	W/K	W/K
VN - Verfahren	91,87	78,82
MB-Verfahren	87,46	74,97
Gewinne :		
solare	kWh/a	kWh/a
VN - Verfahren	2.349	2.349
MB - Verfahren	33.715	33.715
interne	kWh/a	kWh/a
VN - Verfahren	3.404	3.404
MB-Verfahren	6.777	6.777
Jahres-Heizwärmebedarf :		
Q_h	kWh/a	kWh/a
VN - Verfahren	10.571	9.709
MB-Verfahren $\Delta U_{\text{UG}} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	8.106	7.314
MB-Verfahren $\Delta U_{\text{UG}} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	7.098	6.329
MB-Verfahren $\Delta U_{\text{UG}} = 0,016 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	6.467	5.714
Q_h^{''}	kWh/m ² a	kWh/m ² a
VN - Verfahren	68,32	62,75
MB-Verfahren $\Delta U_{\text{UG}} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	52,39	47,27
MB-Verfahren $\Delta U_{\text{UG}} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	45,87	40,90
MB-Verfahren $\Delta U_{\text{UG}} = 0,016 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	41,80	36,93

Tabelle 3 Berechnungsergebnisse für den Holztafelbau nach dem Vereinfachten – Verfahren und dem Monatsbilanz - Verfahren

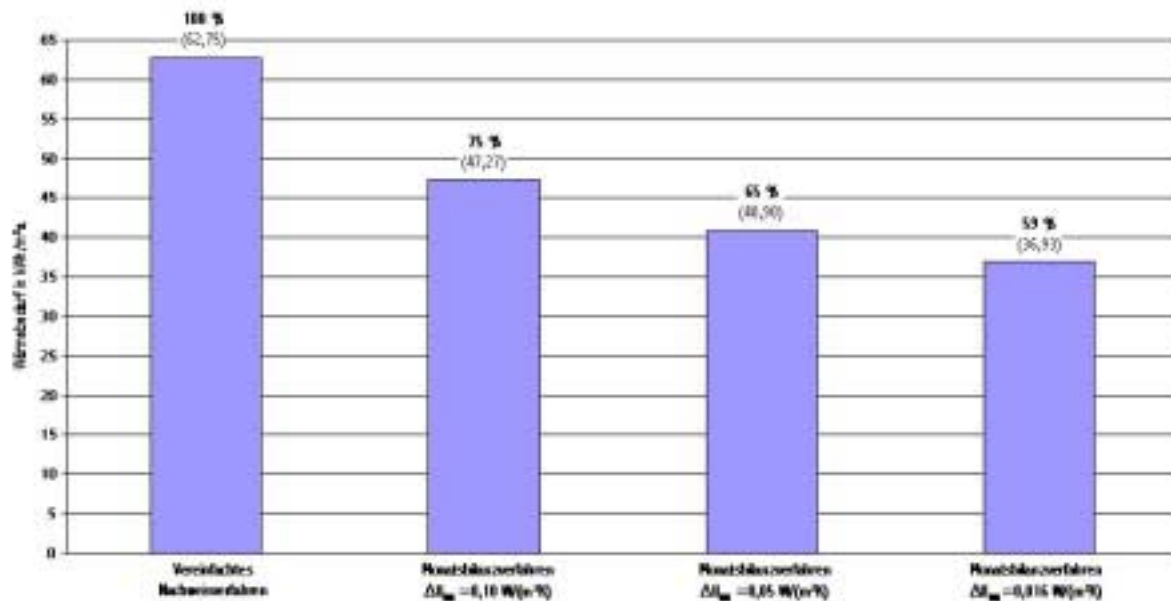


Diagramm 1 Jahres-Heizwärmebedarf für den Holztafelbau nach dem Vereinfachten-Verfahren und dem Monatsbilanzverfahren und Gebäudedichtheitsprüfung

Die Auswertung der durchgeführten Berechnungen (Tabelle 3) macht deutlich, dass eine detaillierte Berechnung nach dem Monatsbilanzverfahren, mit einer Berücksichtigung der Wärmebrücken und der Gebäudedichtheit eine (theoretische) Reduzierung des Wärmebedarfes um bis zu 41% bewirkt.

Im Detail ergeben sich folgende Unterschiede aus dem Verfahren selber bzw. aus unterschiedlichen zulässigen Ansätzen:

	Q''_h [kwh/m ² a]	Q''_h [kwh/m ² a]
	ohne Dichtheitsprüfung	mit Dichtheitsprüfung
Vereinfachtes Verfahren	100 %	- 8 %
Monatsbilanzverfahren $\Delta U_{WB} = 0.1$	-23 %	-25 %
Monatsbilanzverfahren $\Delta U_{WB} = 0.05$	-33 %	-35 %
Monatsbilanzverfahren $\Delta U_{WB} = 0.016$	-39 %	-41 %

Tabelle 4 Unterschiede der Verfahren bzw. aus unterschiedlichen Ansätzen

4. Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs für unterschiedliche Regionen

Ziel dieser Berechnungen ist ein Vergleich der Holztafel und Massiv-Bauweise gleichen Standards nach EnEV, in ausgewählten Klimazonen der EnEV. Bei den Klimazonen handelt es sich zum einen um die Klimazone D (Referenzklima Deutschland nach DIN V 4108-6), die Klimazone 2 (Referenzort Hamburg), Klimazone 7 (Referenzort Essen), Klimazone 10 (Referenzort Hof) und die Klimazone 13 (Referenzort Freiburg). Bei den Referenzorten Hof und Freiburg handelt es sich jeweils um den kältesten und den wärmsten Ort Deutschlands. Die anderen Orte wurden aufgrund

ihrer geografischen Lage gewählt. Eine ggf. vorhandene Nachtabsenkung wurde nicht berücksichtigt.

Die Tabelle 4 zeigt die Berechnungsergebnisse für den Holztafel- und den Massivbau.

	Holztafelbau					Massivbau				
	Klimazone 0	Klimazone 2	Klimazone 7	Klimazone 10	Klimazone 13	Klimazone 0	Klimazone 2	Klimazone 7	Klimazone 10	Klimazone 13
Verluste:										
Transmission	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K
	134,95	134,95	134,95	134,95	134,95	140,48	140,48	140,48	140,48	140,48
Lüftung	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K
MB-Verfahren	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97	74,97
Gewinne:										
solare	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
MB-Verfahren	33.715	29.880	28.432	31.947	33.326	33.715	29.880	28.432	31.947	33.326
interne	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
MB-Verfahren	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777	6.777
Jahresheizwärmebedarf:										
Q_h	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
	5.479	5.510	4.627	6.094	3.509	5.575	5.598	4.686	6.158	3.520
Q_h'	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
	35,41	35,61	29,90	39,38	22,68	36,03	36,18	30,28	39,80	22,75

Tabelle 4 Berechnungsergebnisse für Holztafelbau und den Massivbau in verschiedenen Klimazonen

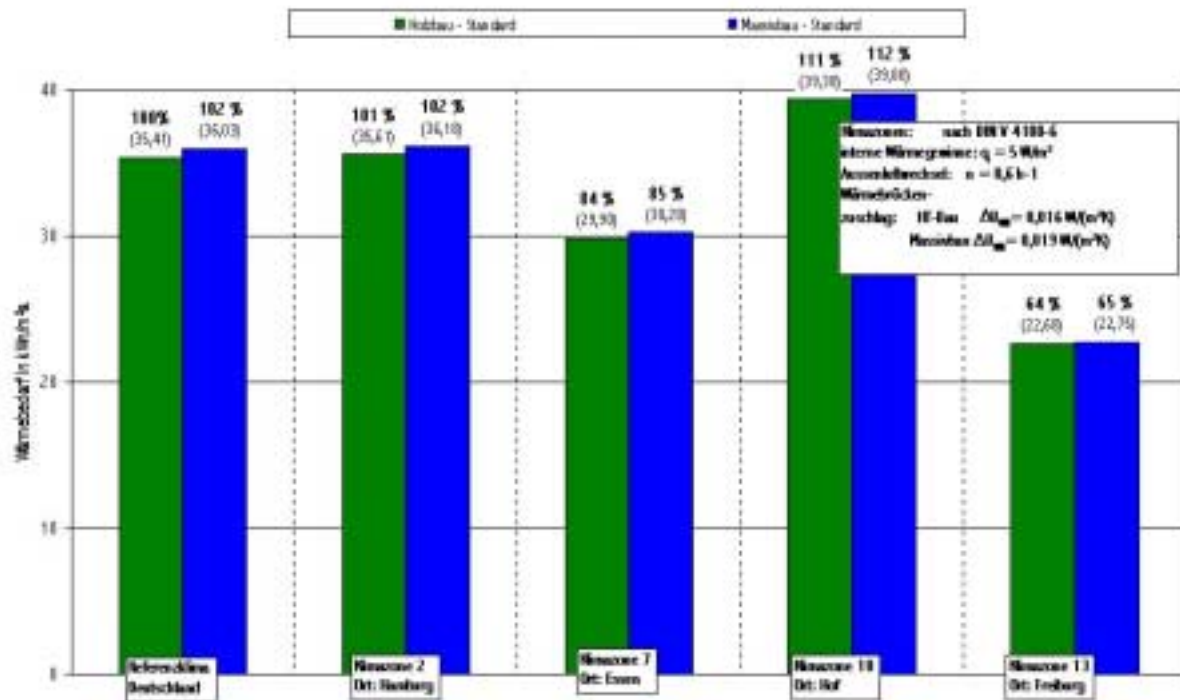


Diagramm 2 Gegenüberstellung der Berechnung des Jahresheizwärmebedarfes für ausgesuchte Klimazonen

Unterschiedliche Klimazonen führen erwartungsgemäß zu unterschiedlichen Größen des Wärmebedarfes der Gebäude. Hierbei lässt sich feststellen, dass sich eine Berechnung des Jahresheizwärmebedarfes nur für Klimazonen lohnt, die erhebliche vom Referenzklima Deutschland abweichende Klimadaten aufweisen.

5. Berechnung des Jahresheizwärmebedarfes mittels thermisch – energetischer Simulation

Um die Frage zu beantworten inwieweit der Jahresheizwärmebedarf nach dem Monatsbilanzverfahren (EnEV) einem ‚realen‘ Jahresheizwärmebedarf entspricht, wurden die unterschiedlichen Bauweisen, Holztafelbau und Massivbau, mit Hilfe einer thermisch-energetischen Simulationsberechnung berechnet.

Für die Simulation wurde das Testreferenzjahr TRY 05 - Würzburg, entsprechend dem Referenzklima Deutschland nach EnEV – Monatsbilanzverfahren, gewählt. Diagramm 3 zeigt den für die Berechnungen zugrunde gelegten Außenlufttemperaturverlauf.

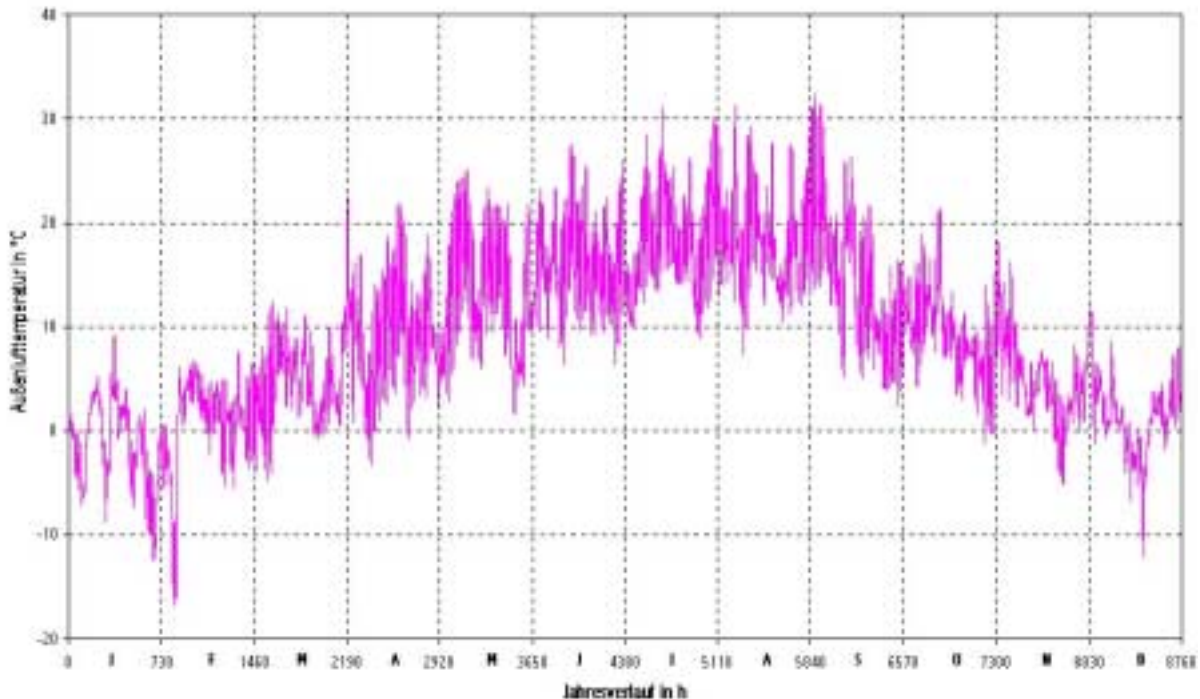


Diagramm 3 Außenlufttemperaturverlauf des Testreferenzjahres TRY 05-Würzburg entsprechend Referenzklima Deutschland nach DIN V 4108-6

Um eine Vergleichbarkeit beider Verfahren zu erreichen wurden Wärmebrücken nicht berücksichtigt.

	Q''_h Holztafelbau	Q''_h Massivbau
Monatsbilanzverfahren	33 kWh/m ² a	28 kWh/m ² a
Simulation	62 kWh/m ² a	52 kWh/m ² a

Tabelle 5 Jahresheizwärmebedarf für den Holztafelbau und den Massivbau nach Simulationsberechnung und Monatsbilanzverfahren

Die Berechnungen eines ‚rechnerischen‘ Jahres-Heizwärmebedarfes nach dem Monatsbilanzverfahren (ohne Wärmebrückenzuschlag) zeigen im Vergleich mit den Ergebnissen eines ‚realen‘ Jahres-Heizwärmebedarfes der Simulationsberechnung keine Übereinstimmung, weder für den Massivbau noch für den Holztafelbau! Aufgrund dieser Untersuchung muss klar werden, dass es sich bei allen Nachweisen nach EnEV nur um ein **Nachweis- und kein Berechnungsverfahren** handeln kann!

6. Sommerlicher Wärmeschutz

In einer weiteren Untersuchung wird das in den Köpfen der Leute angeblich vorhandene „Barackenklima des Holztafelbaus“ im Vergleich zum „angenehmen Raumklima des Massivbaus“ während einer Sommerperiode untersucht.

Bestandteil der Untersuchung ist das nutzerspezifische Verhalten bei der Nutzung

- von außenliegenden Sonnenschutzsystem z.B. in Form von Rollläden, Holzlamellen oder sonstigen am Markt üblichen Verschattungselementen

- die erhöhte Nachtlüftung der Räume. Diese Nachtlüftung erfolgt durch Öffnen der Fenster. Besonders effektiv ist sie in der zweiten Nachthälfte.

Grundsätzlich kommen für die Berechnungen der sich im Gebäude frei einstellenden Raumlufthtemperaturen zwei Vorgaben der Außenklimabedingungen in Betracht:

1. Simulationsberechnungen unter ‚realen‘ Klimabedingungen nach Testreferenzjahr
2. Simulationsberechnungen unter ‚worst-case‘-Klimabedingungen nach VDI 2078.

Diagramm 4 zeigt den Temperaturverlauf für die Gebäudevarianten während der „worst-case“-Betrachtung (periodische Tagesschwungung der Außenlufttemperatur nach VDI 2078) ohne Verschattung oder Nachtlüftung. Im 1. Teil des Diagramms ist die Einschwingphase der Raumlufthtemperatur, im Mittleren Bereich der eingeschwungene Zustand, d.h. den Zeitpunkt zu welchem keine weiteren Temperaturerhöhung der Raumlufthtemperatur stattfindet und im 3. Teil die Ausschwingphase der Raumlufthtemperatur für die unterschiedlichen Bauweisen dargestellt.

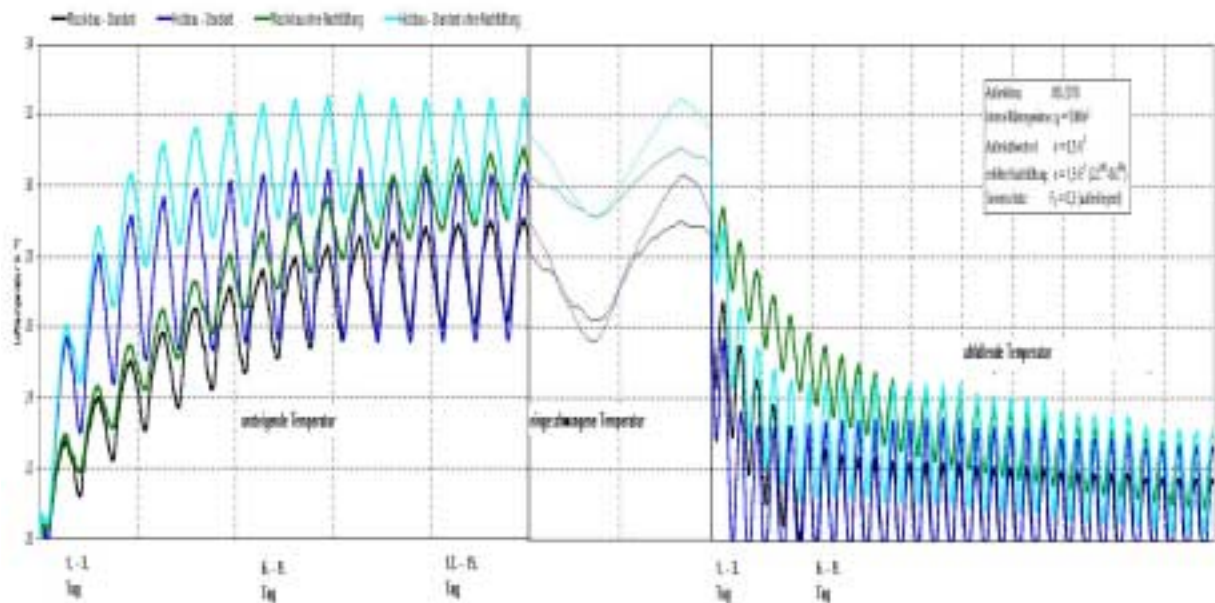


Diagramm 4 Raumlufthtemperaturen während einer Sommerperiode "worst case"

	Holztafelbau	Massivbau
ansteigend:		
auf max. Außenlufttemperatur $\theta_e = 33^\circ\text{C}$ in	9 Tage	14 Tage
abkühlend:		
auf max. Außenlufttemperatur $\theta_e = 20^\circ\text{C}$ in	2 Tagen	6 Tage
max. Werte:		
max. Raumlufthtemperatur θ_i	32,5°C	31°C
Temperaturdifferenz	4 K	2 K

Tag / Nacht		
-------------	--	--

Tabelle 6 Temperaturentwicklungen während einer Sommerperiode für die untersuchten Bauweisen.

Diagramm 4 zeigt die Gegenüberstellung der maximalen Temperaturen im eingeschwungenen Zustand des Gebäudes mit den sich ‚real‘ einstellenden Temperaturen aus den Simulationen am heißesten Tag des Jahres, bei Einsatz eines außenliegenden Sonnenschutzes und erhöhter Nachtlüftung.

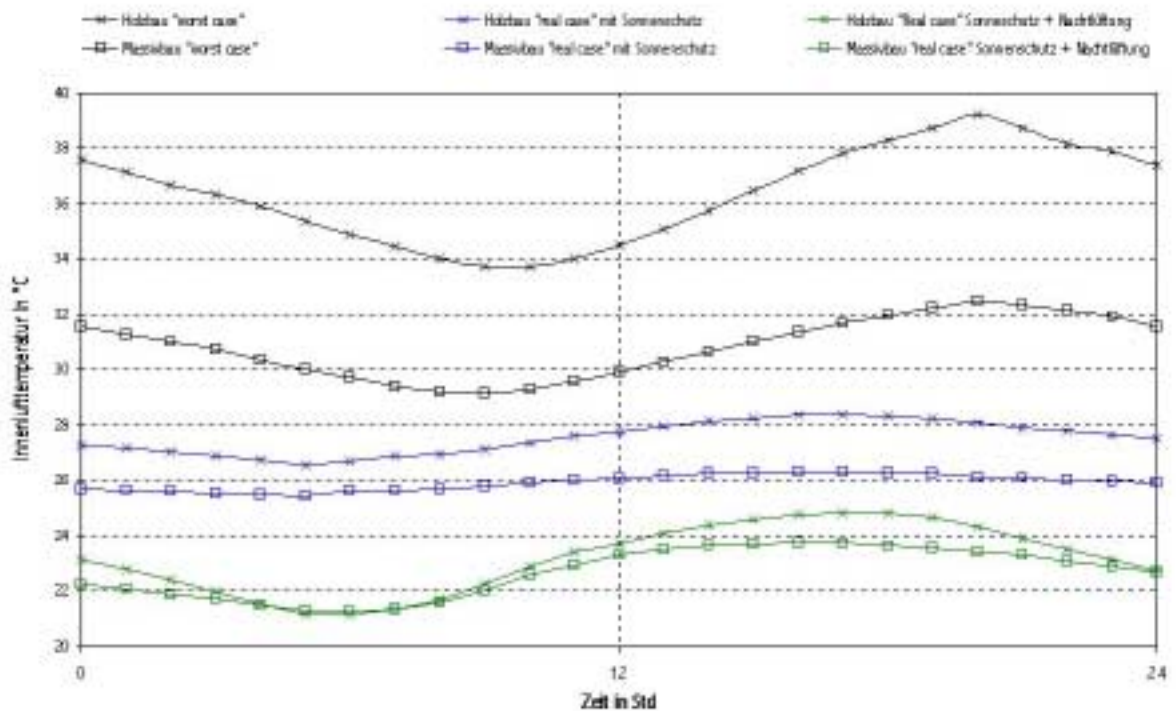


Diagramm 5 Vergleich der Raumlufttemperaturen zwischen "real case" und "worst case"

	Holztafelbau	Massivbau	Differenz
Tag			
"worst case"	39°C	32°C	7 K
"real case"	25°C	24°C	1 K
Nacht			
"worst case"	34°C	29°C	5 K
"real case"	21°C	21°C	0 K

Tabelle 7 Temperaturunterschiede zwischen " real case " und " worst case "

7. Zusammenfassung

Die Untersuchung der verschiedenen Berechnungsmodelle der EnEV hat gezeigt, dass ein Mehraufwand bei der Berechnung immer mit einer Senkung der investiven Kosten im Bereich der erforderlichen Dämmmaßnahmen verbunden ist. Hierbei gilt es aber zu bedenken, dass diese Senkung einen Anstieg des Energieverbrauches zur Folge hat. Welche Dämmmaßnahmen sinnvoll sind sollte durch eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter ‚realen‘ Bedingungen ermittelt werden.

Die Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfes nach dem Monatsbilanzverfahren zeigt im Vergleich zu den Ergebnissen eines ‚realen‘ Jahres-Heizwärmebedarfes einer Simulationsberechnung keine Übereinstimmung, weder für den Massivbau noch für den Holztafelbau! Die ermittelten Werte des Jahres-Heizwärmebedarfes nach EnEV sind lediglich, wie es auch vom Gesetzgeber vorgesehen war, als Vergleichsgrößen für Gebäude nutzbar.

Die durchgeführten Berechnungen der sich frei einstellenden Raumlufttemperaturen zeigen deutlich, dass die Temperaturen im Rahmen einer "real case" Betrachtung grundsätzlich **nicht** von einander abweichen! Überaus deutlich, für den Holztafelbau und den Massivbau, werden aber die schon in den von Schulze [] verdeutlichten Einflüsse eines bewussten Nutzerverhalten! Es zeigt sich, dass ein optimales Raumklima unabhängig von der gewählten Bauweise durch einen sorgfältigen Umgang mit Sonnenschutzsystem und einer gezielten Nachtlüftung erreichen lässt.

Sicher wird von Verfechtern der Massivbauweise das Argument des so genannten Barackenklimas und den bedingt durch die geringere Speichermasse, schnellere Aufheizphase bei Holztafelbauten (1 zu 2) in die Waagschale geworfen. Sie sollten aber auch den Effekt einer schnelleren Auskühlung nach einer extremen heißen Witterungsperiode (1 zu 3) nicht außer Acht lassen.

Es kommt also mehr denn je auf die Beratung des Bauherren durch den Planer an. Der Planer hat, noch mehr als früher, die Verpflichtung, dem Bauherren die bestmöglichen Alternativen aufzuzeigen. So bleibt die Wahl der ‚wahren‘ Bauweise doch mehr Geschmackssache.