

Auswirkungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 auf den Mauerwerksbau

Diskussionen zum Klimawandel und zu den erforderlichen Maßnahmen, ihn zu verhindern oder zumindest zu lindern, machen die Runde. Es nimmt nicht wunder, dass dabei der Wohnungsbestand und der Neubau im Mittelpunkt derartiger Diskussionen stehen, denn beide waren allein 2005 mit 191 Millionen Tonnen am CO₂-Ausstoß in Deutschland beteiligt. Der Ruf nach drastischer Energieeinsparung (die es physikalisch nicht geben kann) gehört zur Tagespresse, gern auch kombiniert mit einem Ruf nach Verschärfung der Anforderungen. Die Bundesregierung hat mit den Meseberger Beschlüssen 2007 die Weichen für eine Verschärfung der Anforderungen gestellt. Die mit der Novelle der EnEV im Jahre 2009 zu erwartende neuerliche Verschärfung der Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden wird neue Herausforderungen an die Planung und Ausführung von Mauerwerksbauten stellen. Sowohl die Anforderungen als auch erste Lösungsvorschläge für eine energieeffiziente Gebäudehülle werden in diesem Beitrag dargestellt und erläutert. Es wird anhand von Beispielen beschrieben, welche Auswirkungen das Zusammenspiel zwischen den unterschiedlichen Gebäudeformen und der verwendeten Anlagentechnik auf die in Deutschland jahrzehntelang bewährten Mauerwerkskonstruktionen haben kann. Dabei werden nicht allein bauphysikalische Aspekte einbezogen, sondern gleichsam Kosten-Nutzen-Analysen unter der Prämisse des Wirtschaftlichkeitsgebotes mit eingerechnet.

1 Einleitung

Die Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden gehört heutzutage zu den wichtigsten Aufgaben zur Schonung der Umwelt und zur Senkung des Primärenergieverbrauchs. Ständig steigende Energiepreise haben zudem die Sensibilität von Nutzern und Bauherren verstärkt, sich intensiv mit möglichen Einsparpotenzialen in Gebäuden auseinanderzusetzen und gegenüber den Fachleuten bereits frühzeitig Maßnahmen zum energieoptimierten Bauen in der Planung und Ausführung von Gebäuden zu fordern. Trotzdem gehören auch heute noch hocheffiziente Anlagentechnik und energieoptimierte Gebäude mehr zu den Exoten unter den Neubauten. Mit einem Marktanteil von über 80% bei den Neubaukonstruktionen hat der Mauerwerksbau in Deutschland nach wie vor eine herausragende Stellung, wenn es um Optimierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle geht. Um die Energieeffizienz in Gebäuden zu steigern, stehen heute jedoch eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze allein oder in Kombination zur Verfügung:

- a) Verringerung der Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle
- b) Verringerung der Lüftungswärmeverluste
- c) Erhöhung des Wirkungsgrades der Anlagentechnik
- d) Bessere Nutzung von internen Wärmegewinnen in Gebäuden
- e) Vermeidung von sommerlicher Überhitzung (keine Kühlung in den Gebäuden)

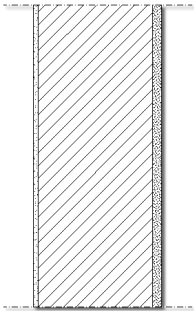
Außer bei der Verbesserung des Nutzungsgrades der Anlagentechnik stellt die Gebäudehülle – und demgemäß auch der Mauerwerksbau – den Rahmen des Verbesserungspotenzials, jede Energieoptimierung beginnt mit einer gut gedämmten und möglichst flächenoptimierten Gebäudehülle. Und selbst der Wirkungsgrad der Anlagentechnik hängt direkt vom Dämmstandard des Gebäudes ab. Jeder, der bislang glaubte, dass Energieeffizienz allein durch die richtige Auswahl von Heizungsanlagen zu bewerkstelligen ist, wird sich zu korrigieren haben.

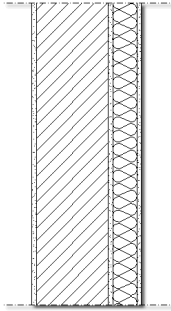
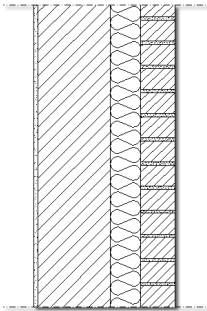
Eingedenk dieser herausragenden Stellung der Gebäudehülle überrascht es nicht, dass sich jede Änderung der normativen oder gesetzlichen Anforderungen unmittelbar in der Konstruktion und Ausführung von Mauerwerk darstellt. Die Mauerwerksindustrie hat in den letzten Jahren alles unternommen, um auf dem Wege der Verbesserung der thermischen

Eigenschaften der Mauersteine oder über eine sinnvolle Kombination mit Dämmstoffen die unmittelbaren Auswirkungen auf die Konstruktion von Außenwänden so gering wie möglich zu halten. So sind heute schon Wärmeleitfähigkeiten von Mauersteinen am Markt erhältlich, die sich nur noch wenig von denen der klassischen Dämmstoffe unterscheiden. Folgt man der Definition der DIN V 4108-6, so können schon heute Porenbeton-, Leichtbeton- und Ziegelsteine als „Dämmstoffe“ bezeichnet werden, da sie über eine Wärmeleitfähigkeit kleiner $0,10 \text{ W/(mK)}$ verfügen.

Monolithische Wände mit einer Wanddicke von 24cm bis 36,5 cm prägen genauso das Bild moderner Mauerwerksbauten wie außen gedämmte Wände, die sich lediglich auf ihre Tragfunktion (sogenannte Funktionswände) beschränken und das Dämmen dem Dämmstoff überlassen. Nicht zu vergessen der immer stärker werdende Anteil von „Kombi-Funktionswänden“, bei den das Mauerwerk einen Teil der Dämmwirkung übernimmt (z.B. eine 24 cm Porenbeton-/Ziegelwand mit Außendämmung geringerer Dicke). Bisher waren diese Konstruktionen Garant für einen wirtschaftlichen Wärmeschutz, zusammen mit der heute am Markt gebräuchlichen Anlagentechnik konnte jeder Novelle der Energieeinsparverordnung erfolgreich getrotzt werden. Allenfalls die noch in den 1990-er Jahren typische norddeutsche Konstruktion mit einer 24 cm Porenbeton-/Ziegelwand und einer Luftschicht mit anschließendem Verblendmauerwerk ist vom Markt verschwunden, dafür werden heute die Luftschichten gern durch Dämmung ersetzt oder es erfolgt eine Kombination beider Elemente. In der Tabelle 1 sind die heute im Kontext mit der EnEV 2007 üblichen Ausführungen von Außenwänden enthalten, der Bereich möglicher U -Werte wird durch die unterschiedlichen Gebäudeformen und verwendeten Anlagentechniken bestimmt. Mit denen in Tabelle 1 enthaltenen U -Werte können sowohl die Anforderungen an die Begrenzung des Transmissionswärmeverlustes als auch die Vorgaben zum maximal zulässigen Primärenergiebedarf eingehalten werden.

Tabelle 1: Typische Außenwandkonstruktionen nach EnEV 2007 (Neubau)

Mauerwerkskonstruktion	Typische Ausführung nach EnEV 2007
Einschalige Außenwand, beidseitig verputzt	Hintermauerwerk: Hochlochziegel, Porenbeton, Leichtbeton mit Leichtzuschlägen Dicke: 30 – 36,5 cm $\lambda_{\text{Mauerwerk}} = 0,09 - 0,14 \text{ W/(mK)}$ $U = 0,23 - 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Außenputze: Leichtputze, Dämmputze
	

Mauerwerkskonstruktion	Typische Ausführung nach EnEV 2007
Einschalige Außenwand mit Dämmschicht (WDVS, Funktionswand oder Kombi-Funktionswand)	<p>Hintermauerwerk: Kalksandstein, Hochlochziegel, Porenbeton, Leichtbeton mit und ohne Leichtzuschlägen Tragendes Mauerwerk: 15 – 24 cm $\lambda = 0,14 - 1,1 \text{ W/(mK)}$ Dämmung: 10 – 20 cm ($\lambda = 0,035 - 0,045$) $U = 0,20 - 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p> <p>Hinweis: Angabe der U-Werte bezieht sich auf in der Praxis üblicherweise anzutreffende Stein-/Dämmstoffkombinationen, bessere Werte sind möglich, aber heute noch nicht zwingend erforderlich.</p>
	<p>Hintermauerwerk: Kalksandstein, Hochlochziegel, Porenbeton, Leichtbeton mit und ohne Leichtzuschlägen Tragendes Mauerwerk: 15 – 24 cm $\lambda = 0,14 - 1,1 \text{ W/(mK)}$ Dämmung: 8-10 cm ($\lambda = 0,030 - 0,035$) $U = 0,20 - 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p> <p>Hinweis: Angabe der U-Werte bezieht sich auf in der Praxis üblicherweise anzutreffende Stein-/Dämmstoffkombinationen, bessere Werte sind möglich, aber heute noch nicht zwingend erforderlich.</p>
Zweischalige Außenwand mit Luftschicht und Dämmung (Funktionswand oder Kombi-Funktionswand)	<p>Hintermauerwerk: Kalksandstein, Hochlochziegel, Porenbeton, Leichtbeton mit und ohne Leichtzuschlägen Tragendes Mauerwerk: 15 – 24 cm $\lambda = 0,14 - 1,1 \text{ W/(mK)}$ Dämmung: 10-15 cm ($\lambda = 0,035 - 0,040$) $U = 0,20 - 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$</p> <p>Hinweis: Angabe der U-Werte bezieht sich auf in der Praxis üblicherweise anzutreffende Stein-/Dämmstoffkombinationen, bessere Werte sind möglich, aber heute noch nicht zwingend erforderlich.</p>
	

Genügen die in Tabelle 1 dargestellten Konstruktionen bezüglich Wärmeschutz und Wirtschaftlichkeit auch den Anforderungen künftiger Verordnungen?

2. Anforderungen

In der Überschrift wird bewusst die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 nicht als alleinige Anforderung zitiert, da sie nicht losgelöst von anderen zu erwartenden Änderungen betrachtet werden darf. Insbesondere das im Entwurf vorliegende Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz wird als flankierende Maßnahme direkten Einfluss ausüben auf die Art, wie die Anforderungen der EnEV 2009 in der Baupraxis umgesetzt werden. Zu erwarten ist 2009 eine Änderung der Energieeinsparverordnung für Neubauten in den folgenden Punkten:

- a) Zu errichtende Wohngebäude sind so auszuführen, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung die Höchstwerte der EnEV 2007 um mindestens 30 % unterschreitet.
- b) Die Gebäudehülle ist so auszuführen, dass die Transmissionswärmeverluste im Vergleich zu den heute gültigen Anforderungen um mindestens 15 % abgesenkt werden.

Für Nichtwohngebäude gelten die unter a) und b) genannten Änderungen jeweils bezogen auf das in der EnEV definierte Referenzgebäude.

Derzeit gilt für die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs von Wohngebäuden die DIN V 4108-6 in Verbindung mit der DIN V 4701-10. Die DIN V 4701-10 geht bei der Bewertung der Effizienz von Anlagen von einer festen Heizperiode von 185 Tagen aus. Diese Annahme kann insbesondere unter Beachtung des zu erwartenden Dämmniveaus der Gebäudehülle nachteilig sein, da die Dauer der Heizperiode direkt korreliert mit dem Dämmniveau des Gebäudes. Es ist vorgesehen – noch nicht beschlossen –, für die Bewertung von Wohngebäuden das mit der EnEV 2007 zunächst für Nichtwohngebäude eingeführte Bewertungsverfahren nach DIN V 18599 auch auf den Wohnungsbau zu übertragen. Dazu laufen Forschungsvorhaben, die eine Vereinfachung und Anpassung des Verfahrens nach DIN V 18599 zum Ziel haben. Angesichts der immer noch chaotischen Verhältnisse, die die Einführung der Norm in der Nachweispraxis im Nichtwohnbau hinterlassen hat, eine anerkennenswerte Vorgehensweise.

Eine zweite wesentliche Änderung wird sich 2009 aus dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (liegt im Entwurf vor) ergeben, die erstmals eine Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien beinhaltet. In Tabelle 2 sind alle wesentlichen Anforderungen des Gesetzes enthalten.

Tabelle2: Anforderungen an neu zu errichtende Gebäude nach dem EEWärmG

Anforderung	Umsetzung
Verpflichtung zur anteiligen Nutzung erneuerbarer Energien für neu fertiggestellte Gebäude	Nutzung von Biomasse, Geothermie, solarer Strahlungsenergie oder Umweltwärme. Sofern Umweltwärme und Geothermie durch Wärmepumpe genutzt werden, sind nur Wärmepumpen mit mindestens einer Jahresarbeitszahl von 4,0 (Sole/Wasser und Wasser/Wasser-WP) bzw. 3,3 (Luft/Wasser-WP) zu verwenden.
Anteil erneuerbarer Energien bei Nutzung solarer Strahlungsenergien	Anforderung gilt als erfüllt, wenn Sonnenkollektoren mit einer Fläche von mindestens 0,04 m ² Kollektorfläche je Quadratmeter Nutzfläche installiert werden.
Nutzung fester Biomasse, Geothermie und Umweltwärme	Wärmeenergiebedarf wird überwiegend aus diesen Energien gedeckt.
Nutzung flüssiger Biomasse in Heizkesseln, gasförmige Biomassen in KWK	Wärmeenergiebedarf wird überwiegend aus diesen Energien gedeckt.
Ersatzmaßnahmen Energieversorgung	Verpflichtung gilt auch als erfüllt, wenn der Wärmeenergiebedarf überwiegend und unmittelbar mit Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) gedeckt wird. Der Wärmeenergiebedarf unmittelbar aus einem einer Nah- oder Fernwärmeversorgung gedeckt wird, soweit die Wärme zu einem wesentlichen Teil aus erneuerbaren Energien oder überwiegend aus KWK stammt.
Ersatzmaßnahme Gebäudehülle	Verpflichtung gilt als erfüllt, wenn der zulässige Primärenergiebedarf und der zulässige Transmissionswärmeverlust um jeweils 15% unterschritten werden.

Verpflichtungen für den Gebäudebestand sind bislang im Entwurfstext nicht vorgesehen. Das Bundesland Baden-Württemberg hat bereits zum 1.01.2008 ein eigenes Wärmegesetz eingeführt mit ähnlichen wie in Tabelle 2 dargestellten Regelungen. Werden beide für 2009 avisierten Gesetze miteinander verbunden, so ergeben sich für den Dämmstandard der Gebäudehülle allein aus der Begrenzung der Transmissionswärmeverluste Anforderungen, die das heutige Niveau um mindestens 15 und höchstens 30 % zu unterschreiten haben. Drastischer dürfte sich aber die Obergrenze der Verschärfung der Anforderungen an den Primärenergiebedarf auswirken. Die max. 45% Reduzierung wirkt wiederum deutlich auf das einzuhaltende Dämmniveau ein, sodass bei Nutzung heute anzutreffender Gas-/Ölheizungen eine Nettoverschärfung der Anforderungen an die Gebäudehülle von ca. 50% herauskommen könnte. Aus rein wirtschaftlichen Aspekten ist zu vermuten, dass Bauherren verstärkt erneuerbare Energien, vornehmlich Solarenergie, nutzen werden, um sowohl die Anforderungen des EEWärmG als auch die der EnEV 2009 mit heute schon anzutreffenden Konstruktionsaufbauten zu erfüllen. Wohnsiedlungen wie im Bild 1 dargestellt werden ab 2009 die Architektur zunehmend prägen.

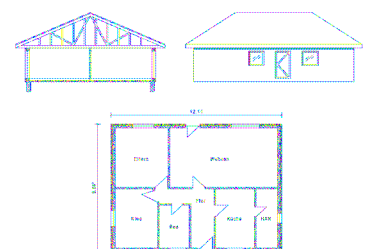


Bild 1: Wohnsiedlung mit Solarkollektoren auf dem Dach

3. Zu erwartende Entwicklung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U -Wert) der Außenwand

Um die zu erwartenden Auswirkungen auf die Konstruktion von Mauerwerksaußenwänden zu ermitteln, wurden unter Einbeziehung möglicher Anlagenkonfigurationen Vergleichsrechnungen durchgeführt. Hierbei sind mehrere Gebäudetypen mit gängigen Flächen-/Volumina-Verhältnissen berücksichtigt worden. Die Gebäudetypen als auch alle Ausgangswerte für die Berechnung des Primärenergiebedarfes unter Verwendung der in der aktuellen Fassung der EnEV enthaltenen Randbedingungen für die Nachweisführung sind in den Tabellen 2-5 enthalten.

Tabelle 2: Randbedingungen für die Berechnung des Primärenergiebedarfs (Ausgangsvariante A, Einfamilienhaus)

Beispielberechnung:	Haustyp: EFH	A/V _e : 1,04	Volumen: 368,96 m ³	Fensteranteil: 13%	WB-Faktor: 0,05	LDP: nein	Bauart: leicht
U-Werte der wärmeübertragenden Umfassungsfläche für die Ausgangsvariante in W/(m²K)							
Wand	Dach	Bodenplatte	Fenster (U)	Fenster (g)	Haustür	Decke zu n.b. Dachraum	sonstiges
0,26	0,20	0,50	1,4	0,6	2,1	0,20	-
Anlagenkonfiguration für die Ausgangssituation							
Erzeugung Wärme	Erzeugung TWW	Zirkulation TWW-Leitung	Speicherung	Pumpen	Übergabe	Leitungen	Erneuerbare Energie
Brennwert verbessert 70/55 °C idtH	Wie Wärme idtH	Keine	Indirekt beheizter Speicher idtH Heizung ohne Speicher	Geregelt	Thermostat 2K	Gedämmt und idtH	Siehe Übersicht
Ergebnisse					Heizwärmebedarf:	81,97 kWh/m²a	
Endenergie Wärme		84,64 kWh/m²a					
Endenergie Wärme TWW		24,88 kWh/m²a					
Hilfsenergie Wärme		2,29 kWh/m²a					
Hilfsenergie TWW		0,38 kWh/m²a					
Primärenergiebedarf		127,71 kWh/m²K	% zu zulässig				
Transmissionswärmeverlust H _T		0,333 W/(m²K)	% zu zulässig				
			-25 %				

Verwendete Abkürzungen in den Tabellen 2-5:

K= Kelvin

idtH= in der thermischen Hülle

g=(Energiedurchlassgrad)

LDP = Luftdichtheitsprüfung

TWW = Trinkwarmwasser

WB-Fakto r= Wärmebrückenfaktor ΔU_{WB}

Tabelle 3: Randbedingungen für die Berechnung des Primärenergiebedarfs (Ausgangsvariante B, Doppelhaushälfte)

Beispielberechnung:	Haustyp: EFH	A/V _e : 0,71	Volumen:	457,80 m ³	Fensteranteil:	17%	WB-Faktor:	0,05	LDP:	nein	Bauart:	leicht
U-Werte der wärmeübertragenden Umfassungsfläche für die Ausgangsvariante in W/(m²K)												
Wand	Dach	Bodenplatte	Fenster (U)	Fenster (g)	Haustür	Decke zu n.b. Dachraum		Flachdach				
0,26	0,20	0,50	1,4	0,6	2,1	0,20		0,30				
Anlagenkonfiguration für die Ausgangssituation												
Erzeugung Wärme	Erzeugung TWW	Zirkulation TWW- Leitung	Speicherung	Pumpen	Übergabe		Leitungen		Erneuerbare Energie			
Brennwert verbessert 70/55 °C idtH	Wie Wärme idtH	Keine	Indirekt beheizter Speicher idtH Heizung ohne Speicher	Geregelt	Thermostat 2K		Gedämmt und idtH		Siehe Übersicht			
Ergebnisse					Heizwärmebedarf:		67,61 kWh/m²a					
Endenergie Wärme		72,13 kWh/m²a										
Endenergie Wärme TWW		23,92 kWh/m²a										
Hilfsenergie Wärme		2,04 kWh/m²a										
Hilfsenergie TWW		0,33 kWh/m²a										
Primärenergiebedarf		112,06 kWh/m²K	% zu zulässig									
			-2,3 %									
Transmissionswärmeverlust H _T		0,406 W/(m²K)	% zu zulässig									
			-21 %									




Tabelle 4: Randbedingungen für die Berechnung des Primärenergiebedarfs (Ausgangsvariante C, Einfamilienhaus)

Beispielberechnung:	Haustyp: EFH	A/V _e : 0,84	Volumen:	373,63 m ³	Fensteranteil:	16%	WB-Faktor:	0,05	LDP:	nein	Bauart:	leicht
U-Werte der wärmeübertragenden Umfassungsfläche für die Ausgangsvariante in W/(m²K)												
Wand	Dach	Bodenplatte	Fenster (U)	Fenster (g)	Haustür	Decke zu n.b. Dachraum	sonstiges					
0,26	0,20	0,50	1,4	0,6	2,1	0,20	-					
Anlagenkonfiguration für die Ausgangssituation												
Erzeugung Wärme	Erzeugung TWW	Zirkulation TWW-Leitung	Speicherung	Pumpen	Übergabe		Leitungen	Erneuerbare Energie				
Brennwert verbessert 70/55 °C idtH	Wie Wärme idtH	Keine	Indirekt beheizter Speicher idtH Heizung ohne Speicher	Geregelt	Thermostat 2K		Gedämmt und idtH	Siehe Übersicht				
Ergebnisse					Heizwärmebedarf:		76,92 kWh/m²a					
Endenergie Wärme		79,56 kWh/m²a			<div><div>Erdgeschoss</div><div>Dachgeschoss</div><div></div></div>							
Endenergie Wärme TWW		24,79 kWh/m²a										
Hilfsenergie Wärme		2,27 kWh/m²a										
Hilfsenergie TWW		0,37 kWh/m²a										
Primärenergiebedarf		121,93 kWh/m²K	% zu zulässig									
			-3,1 %									
Transmissionswärmeverlust H _T		0,388 W/(m²K)	% zu zulässig									
			-19 %									

Tabelle 5: Randbedingungen für die Berechnung des Primärenergiebedarfs (Ausgangsvariante D, Mehrfamilienhaus mit Staffelgeschoss)

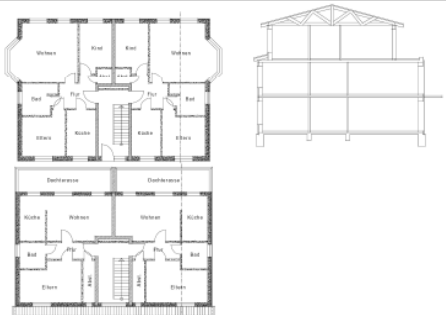
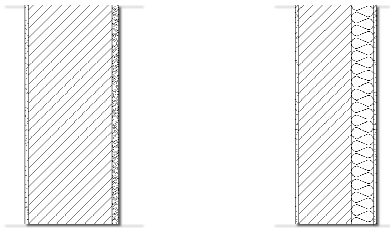
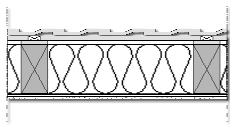
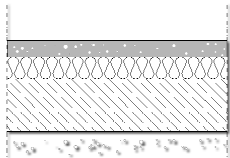
Beispielberechnung:	Haustyp: MF	A/V _g : 0,58	Volumen: 1547,78 m ³	Fensteranteil: 27%	WB-Faktor: 0,05	LDP: nein	Bauart: leicht
U-Werte der wärmeübertragenden Umfassungsfläche für die Ausgangsvariante in W/(m ² K)							
Wand	Dach	Bodenplatte	Fenster (U)	Fenster (g)	Haustür	Decke zu n.b. Dachraum	sonstiges
0,26	0,20	0,50	1,4	0,6	2,1	0,20	-
Anlagenkonfiguration für die Ausgangssituation							
Erzeugung Wärme	Erzeugung TWW	Zirkulation TWW-Leitung	Speicherung	Pumpen	Übergabe	Leitungen	Erneuerbare Energie
Brennwert verbessert 70/55 °C idtH	Wie Wärme idtH	Keine	Indirekt beheizter Speicher idtH Heizung ohne Speicher	Geregelt	Thermostat 2K	Gedämmt und idtH	Siehe Übersicht
Ergebnisse					Heizwärmebedarf:	57,97 kWh/m ² a	
Endenergie Wärme		60,36 kWh/m ² a					
Endenergie Wärme TWW		18,68 kWh/m ² a					
Hilfsenergie Wärme		0,86 kWh/m ² a					
Hilfsenergie TWW		0,18 kWh/m ² a					
Primärenergiebedarf		89,74 kWh/m ² K	% zu zulässig				
			-9,5 %				
			% zu zulässig				
Transmissionswärmeverlust H _T		0,458 W/(m ² K)	% zu zulässig				
			-18 %				

Tabelle 6 enthält die für die Berechnung der Grundvariante angenommenen Bauteilaufbauten. Für die Außenwand ist ein mittlerer U -Wert von 0,26 W/(m²K) angesetzt worden, der sowohl von einschaligen Leichtbeton-/Porenbeton- und Ziegelwänden mit Putz erreicht werden kann. Die Auswahl U -Werte für die anderen wärmeübertragenden Umfassungsflächen erfolgte unter der Prämisse der Einhaltung der gegenwärtig gültigen Anforderungen. Dass dabei der Primärenergiebedarf in der Ausgangsvariante leicht unterhalb der Anforderungen liegt, ist für die Ableitung der erforderlichen Änderungen unter Beachtung der künftigen Anforderungen ohne Belang. Im Gegensatz: Die Nachweispraxis zeigt, dass auch heute schon die meisten Gebäude einen geringeren Primärenergiebedarf aufweisen als gefordert, bei einer Berechnung mit derart vielen Randparametern ist die „Punktlandung“ eher selten.

Tabelle 6: Verwendete Bauteilaufbauten für die Ausgangsvariante

Konstruktion	Aufbau
Außenwand $U=0,26 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Innenputz 36,5 cm MW mit $\lambda=0,10 \text{ W/(mK)}$ Außenputz oder Innenputz 17,5 cm MW mit $\lambda=1,1 \text{ W/(mK)}$ 12 cm Dämmung mit $\lambda=0,035 \text{ W/(mK)}$ (die Putze wurden wegen ihres geringen Einflusses nicht berücksichtigt; kein Dämmputz)
	

Konstruktion	Aufbau
Dach/Kehlbalken $U=0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	22 cm Dämmung mit $\lambda=0,035 \text{ W/(mK)}$ als Zwischensparrendämmung Dampfsperre, Gipskartonplatte innen
	
Bodenplatte. $U=0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	5 cm schwimmender Estrich 8 cm Dämmung mit $\lambda=0,035 \text{ W/(mK)}$ Abdichtung Bodenplatte (nicht berücksichtigt, da außerhalb der Abdichtung)
	

Für die Berechnung des Primärenergiebedarfs sind neben der Ausgangsvariante (siehe Tabelle 2-5) 17 weitere Anlagenkonfigurationen herangezogen worden. Die einzelnen Konfigurationen sind der Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Verwendete Anlagenkonfigurationen

Anlagennummer	Anlagenkonfiguration
1	Brennwertkessel verbessert, 55/45 °C, mit Zirkulation, indirekter Speicher, 1 Kelvin Thermostatventile
2	Brennwertkessel verbessert, 55/45 °C, mit Zirkulation, bivalenter Solarspeicher, 1 Kelvin Thermostatventile, Solar 6m² Kollektorfläche
3	Pelletheizung, 55/45 °C, indirekter Speicher, Zirkulation, Fußbodenheizung, 1 Kelvin Einzelraumregelung
4	Niedertemperaturkessel, 70/55 °C, mit Zirkulation, indirekter Speicher, 1 Kelvin Thermostatventile
5	Niedertemperaturkessel, 55/45 °C, mit Zirkulation, bivalenter Solarspeicher, 1 Kelvin Thermostatventile, Solar 6m² Kollektorfläche
6	Sole/Wasser Wärmepumpe, 35/28 °C + Zusatzheizung elektr., indirekter Speicher, Fußbodenheizung, 1 Kelvin Einzelraumregelung
7	Sole/Wasser Wärmepumpe, 35/28 °C + Zusatzheizung elektr., bivalenter Solarspeicher, Fußbodenheizung, 1 Kelvin Einzelraumregelung + 6m² Kollektorfläche
8	Abluft/Wasser Wärmepumpe, 35/28 °C + Zusatzheizung elektr., id. Speicher, Fußbodenheizung, 1 Kelvin Einzelraumregelung, WRG 0,8, DC-Ventilatoren
9	Brennwertkessel verbessert, 55/45 °C, mit Zirkulation, indirekter Speicher, 1 Kelvin Thermostatventile, WRG 0,8, DC-Ventilatoren
10	KWK aus fossilen Brennstoffen, 70/55 °C, mit Zirkulation, indirekter. Speicher, 1 Kelvin Thermostatventile
11	Brennwertkessel verbessert, 70/55 °C, mit Zirkulation, indirekter Speicher, 1 Kelvin Thermostatventile
12	Brennwertkessel verbessert, 55/45 °C, TW dezentral elektrisch, 1 Raum mit mehreren Zapfstellen, kein Speicher, 1 Kelvin Thermostatventile
13	Pelletheizung, 55/45 °C, TW dezentral elektrisch, 1 Raum, mehrere Zapfstellen, kein Speicher, 1 Kelvin Thermostatventile
14	Fernwärme KWK, fossile Brennstoffe, 55/45 °C, TW dezentral elektrisch, 1 Raum, mehrere Zapfstellen, kein Speicher, 1 Kelvin Thermostatventile
15	Fernwärme aus erneuerbaren Energien, 70/55 °C, indirekter Speicher, 1 Kelvin Thermostatventile

16	Kombikessel DL Brennwert, 55/45°C, verbessert, ohne Zirkulation, kein Speicher, 1Kelvin Thermostatventile, WRG 0,8 DC- Ventilatoren
17	Brennwertkessel verbessert, 70/55°C, mit Zirkulation, indirekter Speicher, 2 Kelvin Thermostatventile (Ausgangsvariante)
18	Brennwertkessel verbessert, 70/55, mit Zirkulation, id. Speicher, 1Kelvin Thermostatventile, Solar 6m ² Kollektorfläche

Allen Anlagenkonfigurationen liegt die Annahme zugrunde, dass die Versorgungsleitungen für die Heizung und, wenn vorhanden, für das Trinkwarmwasser sich in der thermischen Hülle befinden. Die Kollektorfläche ist von Fall zu Fall der tatsächlichen Nutzfläche angepasst worden, sodass sich ca. eine Kollektorfläche ergab, die 4% der Nutzfläche des Gebäudes entspricht.

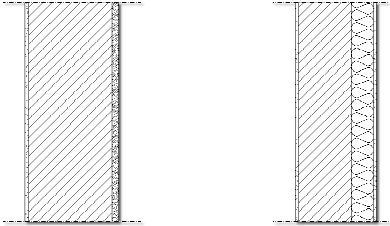
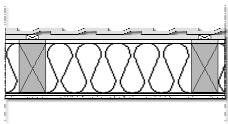
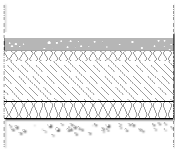
Anschließend sind Randbedingungen stufenweise verändert worden, um quantitative Auswirkungen auf den Primärenergiebedarf und die Transmissionswärmeverluste einzugrenzen. Die für jeden Gebäudetyp angesetzten variablen Parameter sind aus der Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 8: Berechnungsvarianten Gebäude

Variante A	Ausgangsvariante (siehe Tabelle 2-5)
Variante B	U -Wert Dach: 0,18 W/(m ² K) U -Wert Außenwand: wie Variante A U -Wert Fenster: 1,2 W/(m ² K) U -Wert Bodenplatte: 0,35 W/(m ² K) Luftdichtigkeitsprüfung Genaue Wärmebrückenberechnung mit $\Delta U_{WB}=0,025$ W/(m ² K)
Variante C	U -Wert Wand auf 0,21 W/(m ² K) Alle anderen Bauteile wie Variante A Luftdichtigkeitsprüfung Genaue Wärmebrückenberechnung mit $\Delta U_{WB}=0,025$ W/(m ² K)
Variante D	Kombination der Varianten A und B

Die in den Varianten verwendeten Konstruktionsaufbauten zeigt Tabelle 9:

Tabelle 9: Verwendete Bauteilaufbauten

Konstruktion	Aufbau
Außenwand $U=0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ 	Innenputz 36,5 cm MW mit $\lambda=0,08 \text{ W/(mK)}$ Außenputz oder Innenputz 17,5 cm MW mit $\lambda=1,1 \text{ W/(mK)}$ 15 cm Dämmung mit $\lambda=0,035 \text{ W/(mK)}$ (die Putze wurden wegen ihres geringen Einflusses nicht berücksichtigt; kein Dämmputz)
Dach/Kehlbalken $U=0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ 	24 cm Dämmung mit $\lambda=0,035 \text{ W/(mK)}$ als Zwischensparrendämmung Dampfsperre, Gipskartonplatte innen
Bodenplatte. $U=0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ 	5 cm schwimmender Estrich 3,5 cm Dämmung mit $\lambda=0,035 \text{ W/(mK)}$ Abdichtung Bodenplatte 8 cm Perimeterdämmung $\lambda=0,045 \text{ W/(mK)}$

Ergebnisse: In der Tabelle 10 sind für die jeweiligen Varianten die errechneten spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverluste enthalten.

Tabelle 10: Der spezifische Transmissionswärmeverlust in %-Abweichung zum Sollwert

Variante Gebäude	A	B	C	D
A	-25 %	-39%	-34%	-43%
B	-21%	-34%	-29%	-38%
C	-19%	-33%	-28%	-36%
D	-18%	-31%	-26%	-37%

Nur auf die Gebäudehülle bezogen, lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Bei Verwendung von Anlagen mit „normalen Standard“ sind heute schon Unterschreitungen des zulässigen Transmissionswärmeverlustes $> 15\%$ erforderlich, um die Vorgaben zur Begrenzung des Primärenergiebedarfes nach EnEV 2007 zu erfüllen.
- Auch ohne Änderungen des Außenwandaufbaus können Unterschreitungen des zulässigen Transmissionswärmeverlustes von mindestens 30% erreicht werden.
- Die Anforderungen an die Begrenzung der Transmissionswärmeverluste können deutlich wirtschaftlicher erreicht werden, wenn über geeignete konstruktive Maßnahmen die Verluste über Wärmebrücken halbiert werden. Statt des pauschalen Zuschlages von $0,05 \text{ W(m}^2\text{K)}$ auf die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche wäre demnach ein Wert von $0,025 \text{ W(m}^2\text{K)}$ anzustreben.

Besonders der letzte Punkt bietet Stoff für reichlich Diskussion. Fakt ist, dass gut gedämmte Mauerwerksbauten die Vorgaben von Beiblatt 2 nicht nur einhalten, sondern in der Regel die Konstruktionen mit höherer energetischer Qualität ausgeführt werden. Allein der hohe Rechenaufwand für den Einzelnachweis von Wärmebrücken hindert den Planer oftmals daran, die Vorteile zu nutzen, stattdessen wird auf die Pauschalwerte nach EnEV zurückgegriffen. Ein kurzes Beispiel anhand eines Einfamilienhaus soll diese Aussage unterstreichen:



Bild 2: Einfamilienhaus mit Holzgiebel

Die Verluste über die Wärmebrücken wurden jeweils für drei unterschiedliche Ausführungsarten berechnet:

- Monolithische Bauweise
- Konstruktion mit Wärmedämmverbundsystem,
- Konstruktion mit Kerndämmung und Verblendschale.

In den nachfolgenden Tabellen sind die jeweils nach Beiblatt 2 berücksichtigten Wärmebrücken, die verwendeten ψ -Werte und der auf die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Wärmebrückenverlust dargestellt. Differenziert wurde bei allen Ausführungsarten zwischen einer reinen Verlustrechnung und einer Kalkulation unter Einschluss möglicher Gewinne aus vorhandenen geometrischen Wärmebrücken (Außenecken). Diese sind zwar in Beiblatt 2 nicht enthalten, spielen aber bei der Festlegung des Gesamtverlustes eine wichtige Rolle.

Tabelle 11: Berechnung des Gesamtverlustes; Variante A: EFH monolithisch, ohne Berücksichtigung von Außenecken

Bezeichnung der Wärmebrücke	Länge in m	ψ -Wert nach Beiblatt 2	Gesamtverlust in W/K
Bodenplatte	36,8	0,20	7,36
Fensterbrüstungen	9,45	0,07	0,662
Fensterlaibungen	23,34	0,05	1,162
Rollladenkästen	14,25	0,32	4,56
Geschossdecke	22,55	0,06	1,353
Ortgang	14	0,06	0,84
Traufe	20,2	0,08	1,616
Gesamtverlust über alle Wärmebrücken in W/K			17,55
Wärmeübertragende Umfassungsfläche in m ²			349,20
Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Verlust in W/m ² K (ΔU_{WB})			0,05

Tabelle 11: Berechnung des Gesamtverlustes; Variante A: EFH monolithisch, mit Berücksichtigung von Außenecken

Bezeichnung der Wärmebrücke	Länge in m	ψ -Wert nach Beiblatt 2	Gesamtverlust in W/K
Bodenplatte	36,8	0,20	7,36
Fensterbrüstungen	9,45	0,07	0,662
Fensterlaibungen	23,34	0,05	1,162
Rolladenkästen	14,25	0,32	4,56
Geschossdecke	22,55	0,06	1,353
Ortgang	14	0,06	0,84
Traufe	20,2	0,08	1,616
Außenwandecken	10	-0,12	-1,20
First	10	-0,13	-1,30
Gesamtverlust über alle Wärmebrücken in W/K			15,05
Wärmeübertragende Umfassungsfläche in m ²			349,20
Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Verlust in W/m ² K (ΔU_{WB})			0,043

Tabelle 12: Berechnung des Gesamtverlustes; Variante B: EFH mit WDVS, ohne Berücksichtigung von Außenecken

Bezeichnung der Wärmebrücke	Länge in m	ψ -Wert nach Beiblatt 2	Gesamtverlust in W/K
Bodenplatte	36,8	0,34	12,512
Fensterbrüstungen	9,45	0,14	1,323
Fensterlaibungen	23,34	0,08	1,867
Rolladenkästen	14,25	0,23	3,28
Geschossdecke	22,55	0	0
Ortgang (nicht vorhanden)	14	0	0
Traufe (nicht vorhanden)	20,2	0	0

Gesamtverlust über alle Wärmebrücken in W/K	18,98
Wärmeübertragende Umfassungsfläche in m ²	349,20
Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Verlust in W/m ² K (ΔU_{WB})	0,054

Tabelle 13: Berechnung des Gesamtverlustes; Variante B: EFH mit WDVS, mit Berücksichtigung von Außenecken

Bezeichnung der Wärmebrücke	Länge in m	ψ -Wert nach Beiblatt 2	Gesamtverlust in W/K
Bodenplatte	36,8	0,34	12,512
Fensterbrüstungen	0,14	0,07	1,323
Fensterlaibungen	23,34	0,08	1,867
Rolladenkästen	14,25	0,23	3,28
Geschossdecke	22,55	0	0
Ortgang	14	0	0
Traufe	20,2	0	0
Außenwandecken	10	-0,07	-0,70
First	10	-0,13	-1,30
Gesamtverlust über alle Wärmebrücken in W/K			16,98
Wärmeübertragende Umfassungsfläche in m ²			349,20
Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Verlust in W/(m ² K) (ΔU_{WB})			0,048

Alle Beispiele dokumentieren, dass es eine gute Übereinstimmung zwischen dem pauschalen Zuschlag nach EnEV und dem berechneten Zuschlagswert unter der Annahme gleicher Detailausbildung nach Beiblatt 2 gibt. Was passiert aber, wenn die heute im Mauerwerksbau üblichen Regeldetails verwendet werden? Ein Beispiel für eine Ermittlung des Zuschlagwertes für eine typische Porenbetonbauweise ist in Tabelle 14 enthalten, wobei die Werte dem Xella-Wärmebrückenkatalog entnommen wurden. Andere Wärmebrückenkataloge z.B. der Bundesverbände der Mauerwerksindustrie stehen für die Planung zur Verfügung.

Tabelle 14: Berechnung des Gesamtverlustes; Variante A: EFH monolithisch, mit Berücksichtigung von Außenecken, Details gemäß Xella-Wärmebrückenkatalog

Bezeichnung der Wärmebrücke	Länge in m	ψ -Wert nach Beiblatt 2	Gesamtverlust in W/K
Bodenplatte	36,8	-0,12	-5,88
Fensterbrüstungen	9,45	0,03	0,28
Fensterlaibungen	23,34	0,02	0,47
Rollladenkästen	14,25	0,28	3,99
Geschossdecke	22,55	0,06	1,35
Ortgang	14	0,06	0,84
Traufe	20,2	0,08	1,62
Außenwandecken	10	-0,12	-1,20
First	10	-0,13	-1,30
Gesamtverlust über alle Wärmebrücken in W/K			0,17
Wärmeübertragende Umfassungsfläche in m ²			349,20
Auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Verlust in W/m ² K (ΔU_{WB})			0

Fazit: Mit guter Detailausbildung und Mut zur Berechnung können im Mauerwerksbau ohne Mehrkosten bereits erhebliche Einsparpotenziale bei den Transmissionswärmeverlusten aktiviert werden.

Die folgenden Bilder stellen die Ergebnisse der Berechnung des Primärenergiebedarfs für alle Varianten und Anlagenkonfigurationen dar. Ein negativer Wert in der Grafik steht für eine Nichteinhaltung der Anforderungen nach der heute gültigen EnEV. Positive Werte zeigen die Unterschreitung des zulässigen Wertes an. Die der Anlagen zugeordneten vier Säulen dokumentieren die in Tabelle 8 dargereichten Dämmvarianten.

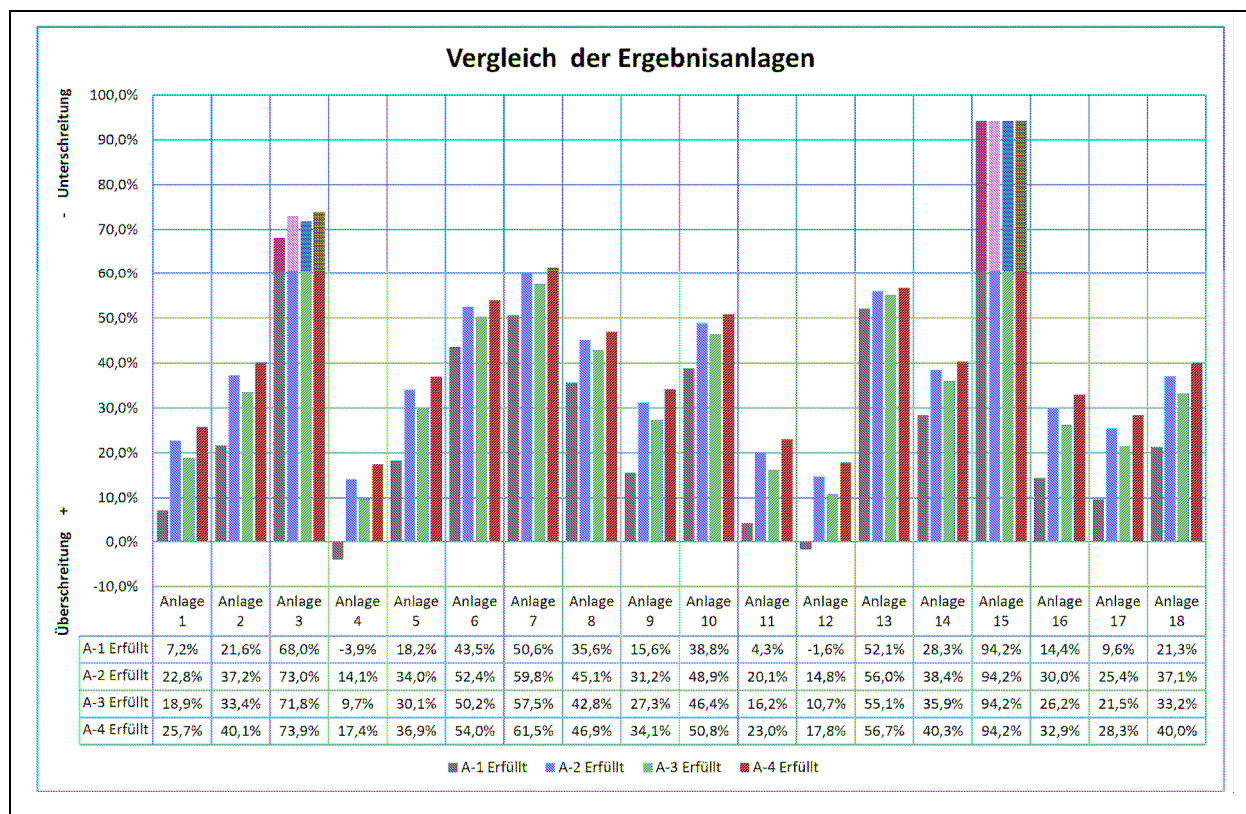


Bild 3: Primärenergiebedarfswerte für Haustyp A

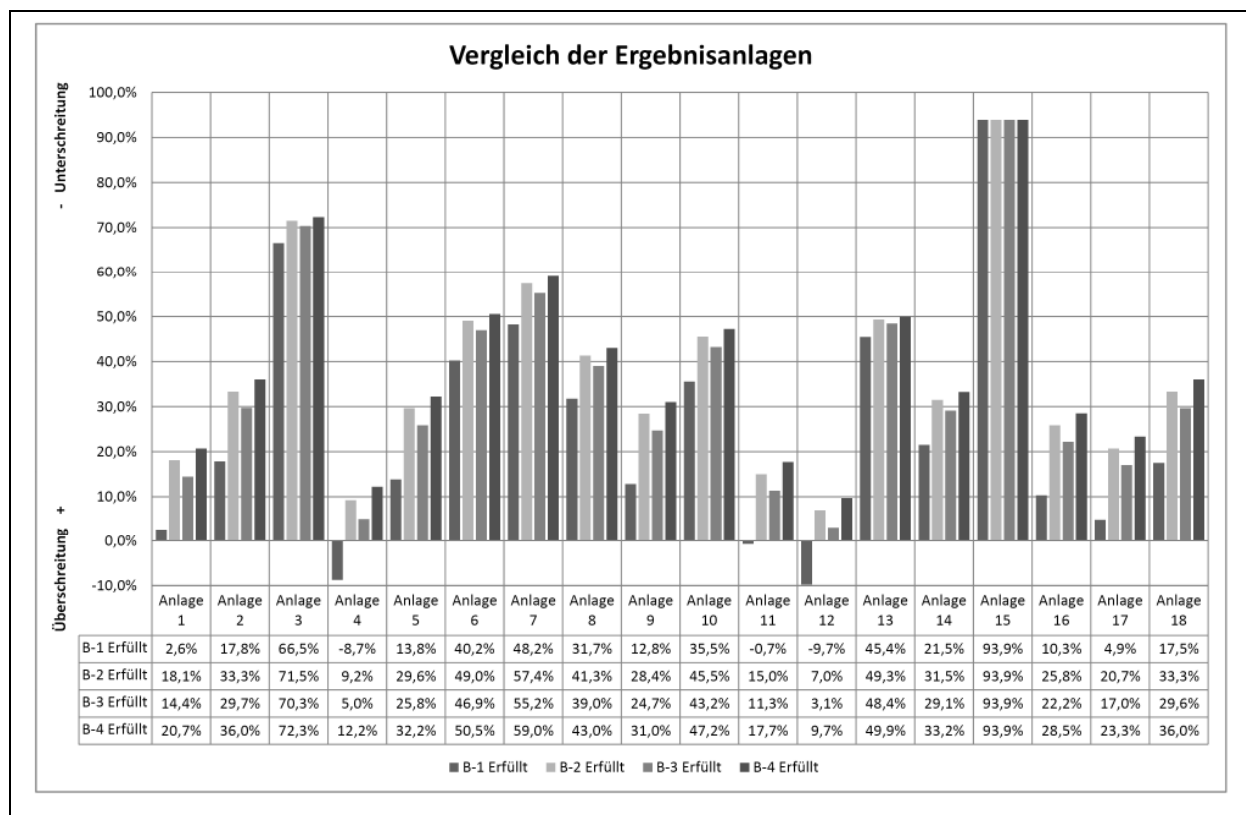


Bild 4: Primärenergiebedarfswerte für Haustyp B

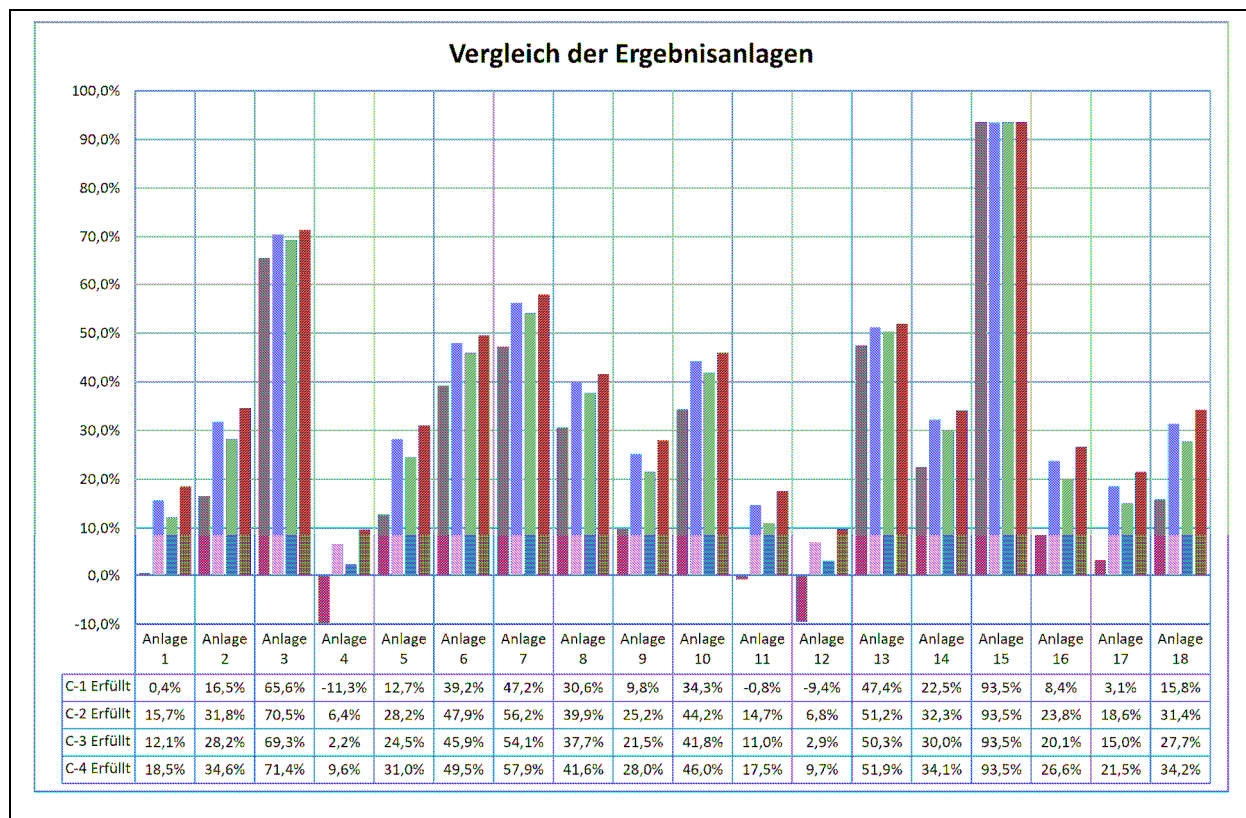


Bild 5: Primärenergiebedarfswerte für Haustyp C

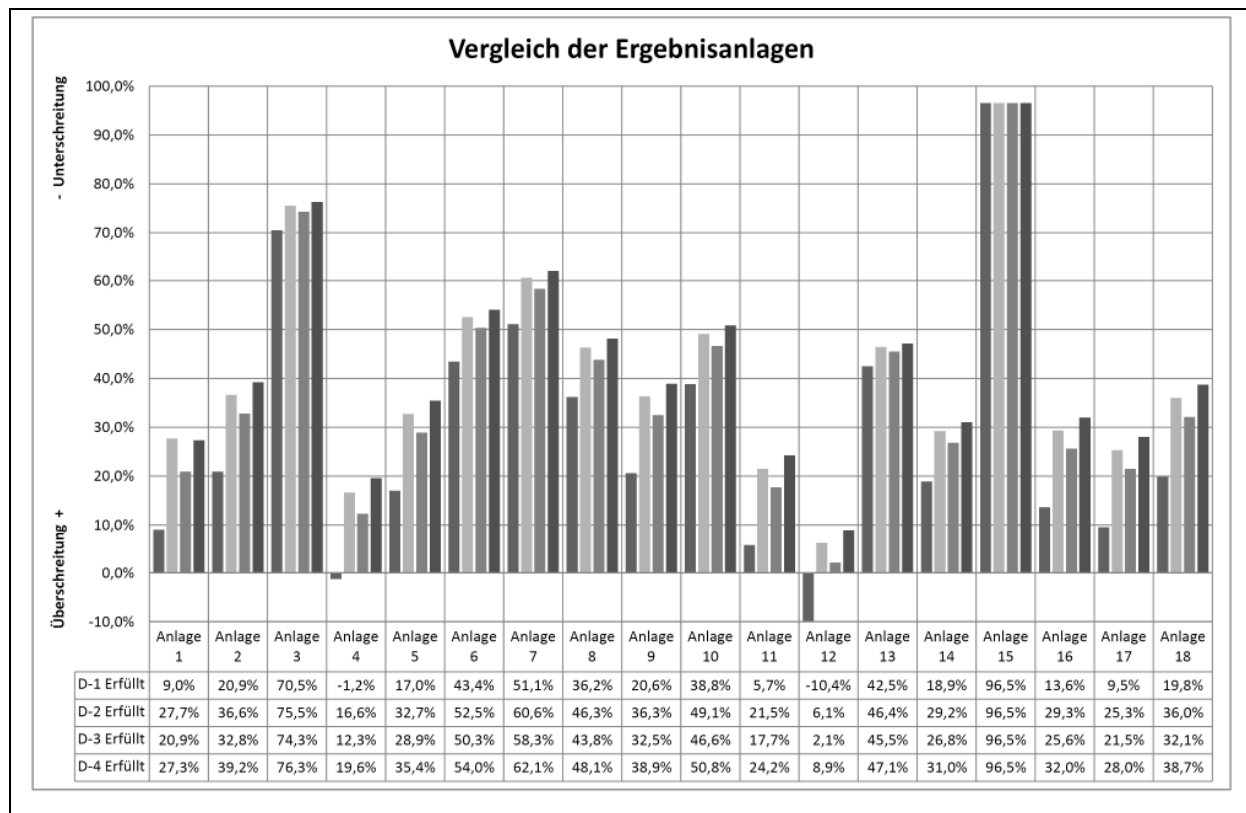


Bild 6: Primärenergiebedarfswerte für Haustyp D

Auswertung: Aus den Bildern 3 bis 6 können folgende grundsätzliche Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- a) Obwohl die zulässigen Transmissionswärmeverluste in allen Gebäuden deutlich unterschritten werden, reichen selbst effiziente Heizungen mit Brennwerttechnik allein nicht mehr aus, die geforderte 30%-ige Reduzierung des Primärenergiebedarfs zu erfüllen.
- b) In Kombination mit einer Solaranlage für die Trinkwarmwasserversorgung können bereits mit geringfügigen Änderungen an der Gebäudehülle und unter Beachtung geringerer Transmissionswärmeverluste über Wärmebrücken die Anforderungen eingehalten werden.
- c) Luftdichtheitsprüfungen und eine genaue Berechnung der Verluste über Wärmebrücken dürften ab 2009 zum Standard in Planung und Ausführung gehören.
- d) Wird das Warmwasser über eine elektrische Anlage bereitgestellt, so wird eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs um 30% nur mit einer enormen Reduzierung der Transmissionswärmeverluste möglich sein, für solche Gebäude dürften U -Werte von $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ keine Ausnahme mehr bilden.
- e) Bei Einsatz regenerativer Energien für Heizung und Wassererwärmung werden kaum Auswirkungen auf die Gebäudehülle zu erwarten sein. Insbesondere Pelletheizung und Wärmepumpen, aber auch eine Fernwärmeversorgung aus KWK und/oder mit überwiegender Nutzung von regenerativen Energien bestechen durch ihr offensichtlich hohes primärenergetisches Reduzierungspotenzial. Dagegen stehen die notwendigen Investitionskosten und ein weiterhin hoher Endenergiebedarf bei Pelletheizungen aufgrund der geringen Effizienz solcher Heizungen.
- f) Zur Einhaltung der zu erwartenden Vorgaben zur Reduzierung des Primärenergiebedarfs werden die Außenwände künftig mit U -Werten zwischen $0,20$ und $0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszuführen sein. U -Werte oberhalb von $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, so wie heute bei optimalem A/V-Verhältnis und solarorientierter Ausrichtung der Gebäude möglich, werden für Außenwände kaum noch machbar sein.
- g) Aufgrund der Kombination der Anforderungen an den Primärenergiebedarf und der Verpflichtung, erneuerbare Energien ab 2009 einsetzen zu müssen, ergeben sich weit weniger Änderungsanforderungen für die Außenbauteile, als vielerorts vermutet.
- h) Es ist darüber nachzudenken, ob die A/V-orientierte Festlegung der Anforderungen unter dem Aspekt stetig steigender Anforderungen an die Gebäudehülle noch zeitgemäß sein kann. Besonders bei kompakten Mehrfamilienhäusern, zum Beispiel bei innerstädtischen Bebauungsmaßnahmen, sind trotz akzeptabler A/V-Verhältnisse höhere Anforderungen an die Gebäudehülle festzustellen als bei ungünstigen Flächen-/Volumenverhältnissen. Höheres Dämmniveau scheint zu einer zunehmenden Asymmetrie in den Anforderungen zu führen. Dieses Phänomen sollte vor weiteren Verschärfungen der Anforderungen analysiert werden.

Fazit: Unabhängig von der Art der gewählten Konstruktion – monolithische Wand, Funktionswand oder Kombi-Funktionswand – sind auch nach Verschärfung der Anforderungen alle bisher bewährten Ausführungen möglich. Allerdings stößt die monolithische Wand langsam an die Grenze des physikalisch Machbaren. Wärmeleitfähigkeiten unter $0,07/0,08 \text{ W}/(\text{mK})$ sind einfach nicht mehr möglich, U -Werte unter $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ nur noch entweder mit zusätzlichen Dämmputzen oder mittels Wanddickenerhöhung erreichbar. Sollte in Kürze über eine weitere Verschärfung der Anforderungen nachzudenken sein, so hat man diese physikalisch gesetzten Grenzen einfach stärker zu beachten. Vielleicht wird es auch Zeit, wieder einmal die Vorteile der Massivität von Konstruktionen im Kontext mit einer allumfassenden Energiereduzierung zu sehen. Seine Verantwortung gegenüber der Zukunft wahrzunehmen, heißt auch, lange Bewährtes zu bewahren und nicht übereifrig über Bord zu werfen. Dass der Mauerwerksbau

mit seinen vielen Facetten nachhaltig ist, beweisen uns die vielen Gebäude aus alter Zeit, die weder einem Sturm, noch einem Feuer zum Opfer gefallen sind.

4. Wirtschaftlichkeit

Werden Maßnahmen zur Verschärfung der Anforderungen beschlossen, so wird zwangsläufig die Frage nach der Wirtschaftlichkeit gestellt. Zwar machen einerseits die steten Preissteigerungen im Energiesektor die Beantwortung solcher Fragen auch für den Laien immer einfacher, doch die Frage nach dem „Was-kann-ich-mir-leisten“ mündet bei dem Bauwilligen nicht selten in einem Zurückziehen auf das, was für ihn wirtschaftlich heute vertretbar ist. Die Bundesregierung hat sich mit dem Text zur EnEV das Gebot der Wirtschaftlichkeit selbst auferlegt und kann – wen wundert es – auch bei jeder Änderung stolz verkünden, dass man die Wirtschaftlichkeit selbstverständlich nachgewiesen hat. Da es mittlerweile viele Methoden – hochtrabend als dynamisch oder statisch bezeichnet – gibt, die Wirtschaftlichkeit nachzuweisen, wird irgendeine Methode mit Sicherheit auch zum Erfolg führen. An dieser Stelle soll nicht auf die gesamte Komplexität von Wirtschaftlichkeitsberechnungen eingegangen werden – hier verweise ich auf die für Laien kaum verständliche Finanzliteratur -, sondern es sollen exemplarisch einige Beispiele zur Wirtschaftlichkeit der unter 3. dargestellten Maßnahmen zur Änderungen im Mauerwerksbau eingegangen werden. Dazu bedienen wir uns der in Tabelle 15 dargestellten Kalkulationsprinzipien.

Tabelle 15: Kalkulationsprinzipien zur Feststellung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen

Was wird berechnet	Formel	Einheit
Annuitätsfaktor a Umrechnung der Investitionskosten in konstante jährliche Kapitalkosten	$\frac{(1+p)^n \cdot p}{(1+p)^n - 1}$ Mit p = Zinssatz N = Nutzungsdauer (z.B. 2067)	[-]
Investitionskosten (gesamt oder die energiebezogenen Investitionskosten)	I	€/m ²
Jährlichen Kapitalkosten	$I_a = I \cdot a$	€/m ²
eingesparte Energiekosten	$\Delta E_K = \Delta E \cdot E_P$ mit ΔE = Bedarfsreduzierung E_P = durchschnittlicher Energiepreis	€/m ²
Kosten der Bedarfsreduzierung bezogen auf 1 m ² Nutzfläche oder Konstruktionsfläche	$TC = I_a - \Delta E_K$	€/m ² a
Amortisationszeit A	$A = I / \Delta E_K$	a

Es sollen die beiden Wandkonstruktionen (monolithische Wand und Funktionswand mit KS) miteinander verglichen werden. Um einen U -Wert von 0,21 zu ermöglichen, ist bei der monolithischen Wand ein Stein mit einem λ -Wert von 0,08 W/(mK) zu verwenden, die Funktionswand erhält 5 cm mehr Außendämmung. Innenputz und Außenputz bleiben bei beiden Maßnahmen gleich. Zunächst ist die eingesparte Bedarfsmenge in kWh/m²a zu errechnen. Dies kann vereinfachend mit einer Heiztagzahl von 66 kWh/a erfolgen. Es wird angenommen, dass der Wirkungsgrad für die Bereitstellung der Endenergie 0,75 beträgt, die Anlagen also mit einer Anlagenaufwandszahl von 1,33 die Wärme bereitstellen. Die Ausgangswerte für die Preise der Wandkonstruktionen und die Zusatzkosten aufgrund der energetischen Verbesserung sind in Tabelle 16 aufgeführt.

Tabelle 16: Preisvergleich monolithische Wand mit einer Funktionswand

	Monolithische Wand d=36,5 cm	17,5 cm KS +15 cm Dämmung
Preis für die Wand bei $U = 0,26$ W/(m ² K), fertige Arbeit	91,25 €/m ² für Wand mit $\lambda=0,10$ W/(mK)	43,75 €/m ² Tragwand 25 €/m ² für die Dämmung d=10 cm mit $\lambda=0,035$ W/(mK)
Mehrkosten für Verbesserung des U -Wertes von 0,26 auf 0,21 W/(m ² K)	12 €/m ²	12,50 €/m ²
Außenputz inkl. Schienen, Gewebe, fertige Arbeit	35 €/m ²	40 €/m ²
Gesamt für $U = 0,21$ W/(m ² K)	138,25 €/m ²	121,25 €/m ²

Es scheint sich also zunächst ein leichter Preisvorteil für die Funktionswand zu ergeben. Aber gilt das auch für die energetische Sicht der Dinge? Die Tabelle 17 enthält alle wichtigen Zahlen, die eine Beantwortung der Frage erleichtert.

Tabelle 17: Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen im Vergleich:

	Monolithische Wand d=36,5 cm	17,5 cm KS +15 cm Dämmung
ΔE je m ² bei einer Differenz des U -Wertes von 0,05 W/(m ² K)	4,4 kWh/m ² a	4,4 kWh/m ² a
Annuitätsfaktor bei einem angenommenen Zinssatz von 5%, Lebensdauer MW=100 Jahre, Dämmung 30 Jahre, Realzins 3,5%	0,036	0,054
Energiebezogene Investitionskosten zur Verbesserung des U -Wertes	12 €/m ²	12,50 €/m ²
Jährliche Kapitalkosten	0,432 €/m ²	0,675 €/m ²

eingesparte Energiekosten bei einem angenommenen durchschnittlichen Energiepreis für Gas/Öl von 9 Cent/kWh	0,396 €/m ²	0,396 €/m ²
Kosten der Bedarfsreduzierung bezogen auf 1 m ² Konstruktionsfläche	0,036 €/m ² a	0,28 €/m ² a
Amortisationszeit A	30 Jahre	32 Jahre

Beide Maßnahmen amortisieren sich innerhalb einer überschaubaren Frist, die Kosten für die Energieeinsparung mittels Änderung der Dammstoffdicke sind aufgrund der geringeren Lebenserwartung von WDV-Systemen etwas höher. Für die Zukunft ein starkes Argument. Änderungen an der Gebäudehülle zahlen sich in der Regel immer aus, was man bei kritischer Betrachtung der Dinge sicherlich auch für eine Trinkwassererwärmung mit Solarkollektoren sagen kann - für Wärmepumpen oder und insbesondere für Pelletheizungen wird dieser Nachweis schon schwieriger. Pelletheizungen wirken sich zwar positiv auf den Primärenergiebedarf aus, der Endenergiebedarf wird aufgrund der geringen Effizienz der Anlage jedoch erhöht. Unterschiede in den jährlichen Brennstoffkosten von ca. 200 € rechtfertigen daher keine Mehrkosten von 10 – 12 T€. Und mit wachsenden Einzelanforderungen an die Gebäudehülle verschwindet der Effekt, dass zumindest ein Teil die Mehrkosten über Minderaufwendungen an der Gebäudehülle kompensiert werden können.

4. Ausblick

Sieht man von der in Aussicht stehenden Umstellung des Nachweisverfahrens für den Wohnungsbau mal ab, so erscheinen die zu erwartenden Änderungen gering. Dies gilt aber nur unter der Voraussetzung, dass das im Entwurf vorliegende Erneuerbare-Energie-Wärmegesetz seine Wirkung nicht verfehlt. Verfehlt im Sinne der Erhöhung der Energieeffizienz von Gebäude wäre auch eine „Flucht“ in die ohnehin technisch schwer nachvollziehbaren Ersatzmaßnahmen des Gesetzes.

Welche Auswirkungen die Umstellung des Nachweisverfahrens auf die in DIN V 18599 beschriebenen Methoden mit sich bringen werden, ist heute noch nicht abzusehen. Der Aufwand der Nachweisführung wird sich zweifelsohne erhöhen, aber leider ohne deutlichen Genauigkeitsgewinn. Aufgrund der in der Regel geringeren Anlagenvielfalt im Wohnungsbau ist aber mit einigen Vereinfachungen in den Berechnungsregeln zu rechnen. Wünschenswert wäre eine ausreichende Validierungszeit, um Versäumnisse, wie sie bei der überhasteten Anwendung der DIN V 18599 für den Nichtwohnbau gemacht worden sind, zu vermeiden.

Es sollte zudem darauf geachtet werden, dass ein neues Nachweisverfahren die Anforderungen an den Wohnungsbau nicht über den „zweiten Anforderungsweg“ zusätzlich verschärft.

Unterm Strich bleiben die heute sicher abzuleitenden Änderungen für den Mauerwerksbau.

1. Die Verschärfung der Anforderungen an den Primärenergiebedarf und an die Vermeidung von Transmissionswärmeverlusten eines Gebäudes im Zusammenhang mit der Verpflichtung, erneuerbare Energien zu nutzen, wird nur wenige Änderungen in den heute üblichen Konstruktionsaufbauten bringen.

2. Es wird mehr Gewicht gelegt werden auf die energetische Akkuratess des Details, Wärmebrückenzuschläge von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sind bei einem gut gedämmten Mauerwerksbau nicht erforderlich.
3. Bloower-Door Messungen dürften in Kürze Standard für jeden Neubau sein. Für den Mauerwerksbau stellt Luftdichtheit absolut keine Herausforderung dar, einseitig aufgetragener Putz reicht in der Regel aus, um geringe Lüftungsverluste zu ermöglichen. Mauerwerk braucht weder zusätzliche Installationsebenen, noch sind irgendwelche Folien erforderlich, um Wasserdampf von der Konstruktion fernzuhalten.
4. Neue Gebäude erhalten mindestens $0,04 \text{ m}^2$ Solarkollektorfläche je m^2 Wohn- oder Nutzfläche für die solare Trinkwassererwärmung. Besonders im öffentlich geförderten Sektor von Energiespar- oder Passivhäusern werden zunehmend Energiespartechniken wie Wärmepumpen- oder Pelletheizung dominieren.

Bleibt die Frage: Wann und insbesondere mit welcher weiteren Verschärfung ist zu rechnen? Vom Klimaschutzprogramm der Bundesregierung abgeleitet wird eine weitere Verschärfung der Anforderungen ab 2012 erwartet. Eine solche Verschärfung wird sich für Konstruktionen und Kosten von Gebäuden drastisch bemerkbar machen. Letztendlich könnte eine neue Stufe dann tatsächlich zum Erfolg für den Klimaschutz werden: In der Konsequenz wird nicht mehr oder zumindest deutlich weniger gebaut. . Aber mit dem tiefen Vertrauen, dass eine Bundesregierung, die eine aus Umweltgründen erforderliche Preiserhöhung bei Autos von 3000 € ablehnt, auch an die Kostenerhöhungen für Bauwillige im eigenen Land denken wird, kann nicht viel passieren.

Autor diese Beitrages:

Dipl.-Ing. Torsten Schoch
Geschäftsführer
XELLA Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH
Hohes Steinfeld 1
D-14797 Emstal
torsten.schoch@xella.com