

Dezember 2002

Fachinformation

Kommune+**Neubaugebiet**

Optimierung des Gebäudewärmeschutzes

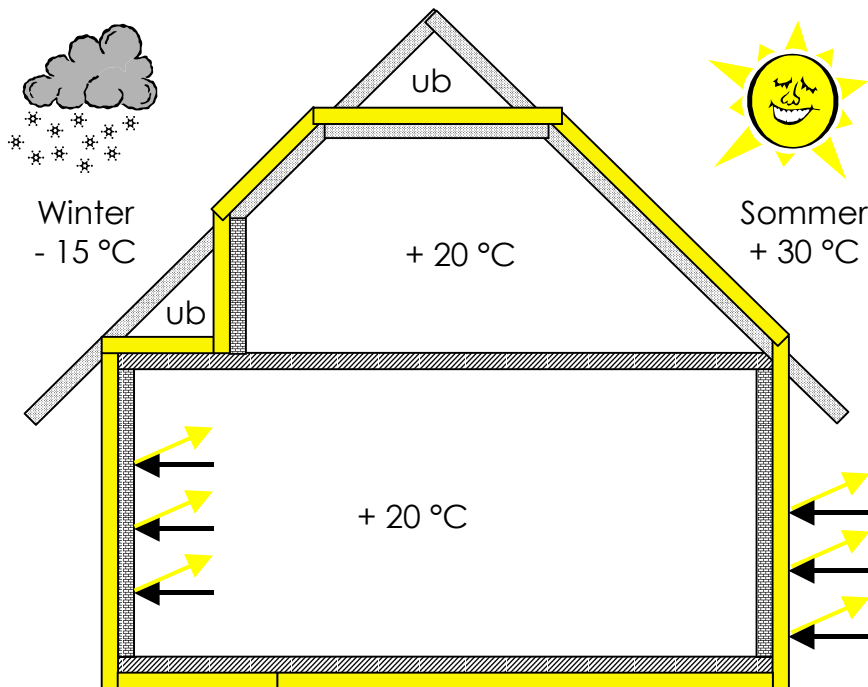
hessenENERGIE

Gesellschaft für rationelle Energienutzung mbH
Mainzer Strasse 98-102 • D-65189 Wiesbaden
Tel: 06 11 / 7 46 23 - 0 • www.hessenenergie.de



Energie & Bildung D.I. Thomas Königstein
Kastanienweg 3 • I-39040 Vahrn (BZ)
info@energie-bildung.de • www.energie-bildung.de

Optimierung der Gebäudewärmeschutzes



Einleitung	1
Gute Dämm-Standards und politische Ziele	3
Gute Dämm-Standards und ihre Umsetzungshemmnisse	4
Niedrigenergiehaus(NEH)-Standard und Stand der Technik	5
- Exkurs Atmende Wände	7
- Exkurs Dämmstoffe	8
NEH-Standard und Wirtschaftlichkeit	10
Passivhaus(PH)-Standard und Stand der Technik	11
Umsetzung guter Dämm-Standards in Neubaugebieten	19

Einleitung

Im Anschluss an eine energetisch optimierte Städteplanung sollte auf eine gebäudespezifische Verbesserung des Energie-Standards der Neubauten hingearbeitet werden. Die erste umweltpolitische Anforderung an die Bautechnik ist dabei nicht die Orientierung auf einen bestimmten Energieträger - in unseren Breiten noch nicht einmal die vorrangige Ausrichtung der Architektur am Ziel einer Nutzung der eingestrahnten Solarenergie.

Die zentrale Forderung lautet vielmehr, dass vor jeder Energieversorgung eines Gebäudes der durch Konstruktion und Ausführung der Gebäudehülle bedingte Heizwärmebedarf durch einen optimalen Wärmeschutz auf das nach dem Stand der Technik mögliche und ökonomisch vertretbare Maß vermindert wird.

Zur Beurteilung und energetischen Einstufung eines Gebäudes haben sich alle europäischen Fachleuten auf einheitliche Kriterien geeinigt. Das wichtigste Kriterium zur Beurteilung der energetischen Qualität eines Gebäudes ist der Heizwärmebedarf pro Quadratmeter und Jahr. Das ist der Wärmebedarf, der für die Energiedienstleistung „Warmer Raum“ zur Beheizung benötigt wird. Er wird auch mit Nutz-Energiebedarf bezeichnet.

Nutz-Energiebedarf (= Heizwärmebedarf)

Energie, die wir letztlich nutzen. Raumwärme aus dem Heizkörper, Licht aus der Lampe, Warmwasser aus der Dusche, Kälte im Kühlschrank, usw.. Nutzenergie ist die Energie nach der letzten technischen Umwandlung! Der Heiz(Nutz-)wärmebedarf in Kilowattstunden pro Quadratmeter Netto-Wohnfläche und Jahr (kWh/m²a) ist eine Energiekennzahl für den Vergleich unterschiedlicher Dämm-Standards und auf keinen Fall mit dem Energieverbrauch vergleichbar.

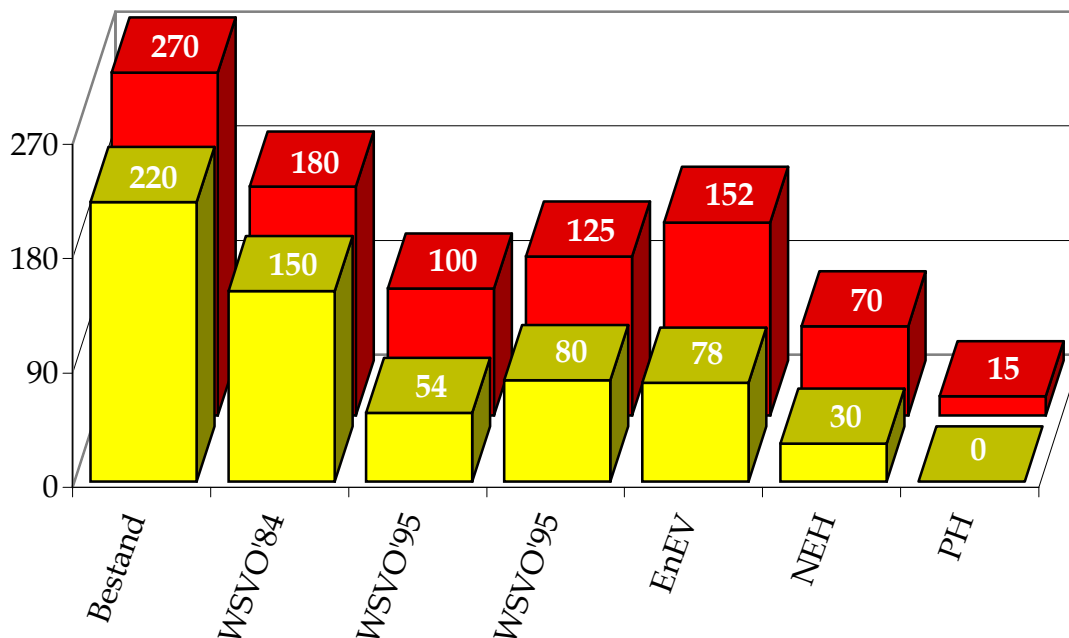
End-Energiebedarf (= Energieverbrauch)

Energie, die wir zur Nutzung einkaufen und bezahlen und vor Ort zur Verfügung haben wie z.B. Heizöl im Tank, Erdgas am Zähler, Holz im Vorratslager, Benzin im Auto, Strom am Zähler usw. vor der letzten Umwandlung.

Primär-Energiebedarf (= Verbrauch an Ressourcen)

Energie, wie sie in ihrer ursprünglichen Form z.B. als Rohöl, Naturgas oder Uran in Lagerstätten vorkommt.

Der Wärmeschutz von Gebäuden wird in Deutschland seit dem 1.02.2002 durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) geregelt. In Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis (Verhältnis aller wärmeübertragenden Hüllflächen zum davon eingeschlossenen Volumen) dürfen bestimmte spezifische Jahres-Heizwärmebedarfswerte bzw. Primärenergiebedarfswerte nicht überschritten werden. Je nach Gebäudetyp (und Kompaktheit) ergeben sich min. und max. Heizwärmebedarfe:



Der Heizwärmebedarf wird auf die beheizte Netto-Wohnfläche (ohne Wände) bezogen und Warmwasser ist nicht berücksichtigt.

Die Grafik zeigt, dass mit der EnEV der heute realisierbare Effizienz-Standard von echten Niedrigenergiehäusern (NEH) oder Passivhäusern (PH) allerdings noch nicht erreicht wird.

Beispiel zur Heizwärmebedarfs-Ermittlung:

Der gemessene Heizölverbrauch (Endenergie) eines Hauses (Bj. 1976) mit 165 m² beheizter Wohnfläche beträgt durchschnittlich 4.600 Liter pro Jahr (≈ 46.000 kWh/a). Das Haus wird von einem Kessel (Anlagenwirkungsgrad von 84%) beheizt und von 5 Personen (Warmwasserbedarf ≈ 5.000 kWh/a) bewohnt:

$$46.000 \text{ kWh/a} \times 0,84 - 5.000 \text{ kWh/a} = 38.640 \text{ kWh/a} : 165 \text{ m}^2 = 234 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

Dieser Wärmebedarf von 234 kWh je m² und Jahr ist hoch und dem Altbaubestand zuzuordnen.

Würde der Verbrauch z.B. durch umfangreiche Dämm-Maßnahmen auf nur noch 1.900 Liter reduziert, so ergäbe sich mit 61 kWh/(m²a) der NEH-Standard.

NEH sind durch einen Heizwärmebedarf von 30 bis 70 kWh/(m²a) und PH durch einen Heizwärmebedarf kleiner 15 kWh/(m²a) international definiert, wobei dieser Bedarf mit realitätsnahen Rechenverfahren wie etwa dem in Hessen zur Anwendung kommenden "LEG - Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung" ermittelt werden sollte (z.B. hessenENERGIE-Software ENERPLAN 2.1).

Es sollte deutlich geworden sein, dass Gebäude also nur über ihre Bau-(Dämm-)Qualität und nicht über die zu installierende Technik definiert werden. Gebäude-Dämmstandards wie das NEH oder das PH orientieren sich damit ausschließlich an ihren jeweiligen Konstruktionsmerkmalen - und nicht daran, ob mit Heizöl oder Holz geheizt wird, das Wasser mit einer Kollektoranlage erwärmt oder der Strom aus Photovoltaikzellen erzeugt wird.

Werden im architektonischen Entwurf weniger als 70 kWh/(m²a) Heizwärmebedarf erreicht, sollte ein NEH entstehen. Liegt die Kennzahl unter 15 kWh/(m²a), wird es ein Passivhaus!

Beide Niveaus sind ein seit ein bis zwei Jahrzehnten bewährter Standard u.a. in Skandinavien, in der Schweiz und seit ca. 14 Jahren auch in Deutschland. Gemessen an diesen Standards enthält die EnEV nur Mindestanforderungen und nicht das zu wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen heute technisch und wirtschaftlich erreichbare Optimum.

Angesichts der auch von der Kommunalpolitik gesteckten umweltpolitischen Ziele sollten bei Neubaugebieten alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, über die Mindestanforderungen der EnEV hinauszugehen und mindestens den NEH-Standard zu verwirklichen.

Gute Dämm-Standards und politische Ziele

Energieeinsparung heißt Minderung des Heizenergiebedarfs und damit des Verbrauchs vor allem an fossilen Energieträgern wie Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas. NEH verbrauchen durchschnittlich 20 - 30 % weniger Energie als ein nach EnEV gebautes Haus. Der Bau eines NEH hilft daher, die CO₂-Emissionen zu reduzieren und so das globale Klima zu schützen. Dabei steigern Niedrigenergiehäuser gleichzeitig den Wohnkomfort und die Behaglichkeit. Und sie tragen erheblich zur Vermeidung von Schäden an Natur und Bauwerken bei, weil der Schwefeldioxid-Ausstoß (SO₂) vermindert wird, der den "Sauren Regen" verursacht.

NEH leisten auch durch ihren geringen Heizwärmeverbrauch wegen der Reduzierung des Einsatzes fossiler Energieträger einen Beitrag zu einer wenigstens mittelfristig sicheren Energieversorgung. Und schließlich wird der wirtschaftliche Einsatz von regenerativen Energien wie z.B. der Sonnenenergie über thermische Solaranlagen eher möglich.

Energieeinsparung heute ist die richtige Vorsorge für morgen. Passivhäuser gehen hier noch einen Schritt weiter wie NEH. Ihre Dämmung ist so hervorragend, dass sie kein aktives Heizsystem mehr benötigen.

Gute Dämm-Standards und ihre Umsetzungshemmnisse

In weiten Teilen der Wohnungswirtschaft wie auch bei Planern, Bauträgern und ausführenden Firmen überwiegt aber trotz aller gerade genannten Vorteile eines optimalen Wärmeschutzes, trotz ausgereifter Techniken und trotz aller positiven Erfahrungen nach wie vor die Skepsis.

- NEH- und PH-Standard gelten immer noch als technisch problematisch und risikobehaftet. Vermutet werden bautechnische Probleme bei der Ausführung, was bei mangelnder Qualifikation der beauftragten Firmen als Gefahr auch nicht von der Hand zu weisen ist. Von Seiten mancher Architekten wird darüber hinaus eine Einengung ihrer baulichen Gestaltungsmöglichkeiten vermutet und beklagt. Hartnäckig halten sich sogar in „Fachkreisen“ bauphysikalisch nicht nachvollziehbare Vorstellungen über angebliche Folgeschäden einer 'zu guten' Dämmung („Die Wand muss atmen können!“) und über negative Konsequenzen der geforderten Dichtigkeit der Außenhülle („Leben in der Thermosflasche mit Erstickungsgefahr!“).

Dem stehen zahlreiche positive Behaglichkeitsbeurteilungen durch die Nutzer gegenüber. Allein in Deutschland gibt es neben mehreren zehntausenden Wohneinheiten in NEH-Standard bereits gut 1.000 Gebäude in PH-Standard. Dass manche Architekten, die in Glas und Stahl schwelgen, diesen Dämm-Standards wenig abgewinnen können, wird sich sicherlich nicht ändern. Gerade im Bereich der Wohngebäude gibt es jedoch Anzeichen dafür, dass die jüngere Generation der Architekten Wärmeschutzanforderungen als eine ganz entscheidende Herausforderung an ihre gestalterischen Fähigkeiten begreift und annimmt.

Richtig ist, dass z.B. der NEH-Standard erhöhte Anforderungen an die Sorgfalt der Bauausführung stellt (z.B. wegen der Vermeidung von Wärmebrücken und der Gewährleistung der Dichtigkeit der Gebäudehülle). Aber das heißt auch, dass Firmen mit fachlich qualifiziertem Personal hier Wettbewerbsvorteile ausspielen können. Schon zur Umsetzung der EnEV ist die Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit veränderten Verfahren und Werkstoffen erforderlich. Und die Qualitäts-Anforderungen der EnEV an die Bauwirtschaft unterscheiden sich nur noch graduell von denen des NEH-Standards. Es spricht deshalb alles dafür, diesen sowieso anstehenden Qualifizierungsbedarf in gemeinsamen Anstrengungen von Wirtschaft und Politik gleich in Richtung auf den NEH-Standard anzugehen. Das in Hessen fest verankerte IMPULS-Programm für den Bausektor zur Fortbildung der beteiligten Akteure ist sicherlich ein guter Weg, um den NEH-Standard weiter in die alltägliche Baupraxis umzusetzen.

Angesichts des in Deutschland sowieso schon hohen Niveaus der Baukosten wird immer noch befürchtet, dass eine Anwendung des NEH-Standards eine nochmalige, signifikante Verteuerung des Bauens mit sich bringt, die der Baukonjunktur einen weiteren Stoß versetzen würde. Durch höhere Energieeffizienz bedingte Kosten lassen sich im Mietwohnungsbau weder über einen Anstieg der Kaltmieten noch über die (schwindende) staatliche Förderung abdecken. Zudem wird angenommen, dass auch die Investitionsbereitschaft von Einfamilienhaus-Interessenten und die Verkäuflichkeit von Wohnungen bzw. Eigenheimen durch den NEH-Standard eher negativ beeinflusst wird, weil die angeblichen Mehrkosten über die wirklich erzielbaren Energieeinsparungen nicht zu amortisieren seien, und dass deshalb auch keine Bereitschaft bei potenziellen Investoren und Käufern besteht, die größere Energieeffizienz durch einen entsprechenden Preisaufschlag zu honorieren.

Befasst man sich genauer mit den ökonomischen Befürchtungen und Einwänden gegen den NEH-Standard, dann wird deutlich, dass ein Teil der Anbieter die Entwicklung zu einem anspruchsvollen Energiestandard erfolgreich als Marketing-Argument nutzen. Offenbar gibt es ein wachsendes Marktsegment und zwar gerade im Eigenheimbereich, in dem der NEH-Standard als Verbesserung im Vergleich zur EnEV auf Kundenseite akzeptiert und honoriert wird.

In diesem Bereich wirkt die Verbesserung der Energieeffizienz absatzfördernd und nicht als Investitionshemmnis. Denn in einem Markt, wo selbst heizungstechnisch unsinnige und glücklicherweise wenig benutzte offene Kamine als Grund für höhere Preise und als wichtiges Verkaufsargument gelten, wird es ganz sicher auch einen ansprechbaren Kreis von interessierten Nachfragern geben, für die Energieeinsparung bei ihrer Bau- bzw. Kaufentscheidung von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Daneben zeigen aber vor allem bauphysikalische Tatsachen sowie durchgeführte Wirtschaftlichkeitsrechnungen von Gebäuden, dass die technischen und ökonomischen Vorurteile gegenüber NEH jeder Grundlage entbehren. Im folgenden wird an Hand konkreter Zahlen deutlich gemacht, dass aus neutraler Sicht eine Umsetzung des NEH-Standards problemlos möglich ist.

Niedrigenergiehaus(NEH)-Standard und Stand der Technik

Das Niedrigenergiehaus (NEH) ist ein Gebäude-Dämmstandard, für den sich eine für das Bauen in der Breite geeignete „Technik-Linie“ herausgebildet hat. Der Erfolg des NEH-Standards ist u.a. auf die folgenden Merkmale zurückzuführen:

Anknüpfung an übliche Bautechniken und traditionelle Baustandards.

Realisierbar mit allen marktgängigen Bau- und Wärmedämmstoffen.

Gegenüber dem EnEV-Neubaustandard kaum messbare Mehrkosten von etwa 0 - 1%, die im Rahmen der Schwankungsbreite von Ausschreibungsergebnissen liegen.

Die erzielbare Energieeinsparung (und damit auch langfristige Kosteneinsparung) ist durch eine Vielzahl ausgeführter Bauten nachgewiesen.

Die Aufgabe des Architekten beim Entwerfen eines NEH besteht in der Beachtung von sieben prinzipiellen Konstruktionsmerkmalen im Hinblick auf einen energie- und kostenoptimalen Entwurf.

Die 7 NEH-Konstruktionsmerkmale

1. Sehr guter Wärmeschutz aller Bauteile der Gebäudehülle

Sorgfältige Ausführung des Wärmeschutzes im Detail; Vermeidung und Reduzierung von Wärmebrücken

2. Kompakte Bauweise (geringes A/V-Verhältnis)

3. Luftdichtheit der Außenbauteile mit Nachweis durch Drucktest

4. Kontrollierte, bedarfsgerechte Lüftung (die in erster Linie der Wohnhygiene dient, weniger der Energieeinsparung)

5. Ausnutzung passiv-solarer Gewinne

6. Flinke Heizungsregelung

Der NEH-Standard erfordert keine „andere Architektur“. Er lässt sich – bis auf die Ausnahmen der exzessiven Glasarchitektur – aus jedem Entwurf entwickeln, weil die Anforderungen hauptsächlich baukonstruktiver Art sind. Niedrigenergiehäuser zeigen die gleiche architektonische Qualität wie konventionelle Gebäude. Das heißt: Die jeweilige „Handschrift“ des Architekten bleibt erhalten.

NEH sind wie bereits erwähnt grundsätzlich definiert durch einen Jahresheizwärmebedarf von 30 bis 70 kWh/(m²a) - mit einer weiteren Differenzierung für Einfamilienhäuser [weniger als 70 kWh/(m²a)] sowie für Mehrfamilienhäuser [weniger als 55 kWh/(m²a)]. Das NEH bezeichnet demnach einen Standard, nicht eine Bauweise.

Konstruktionen oder gar fixierte U-Werte werden nicht vorgeschrieben. Auf welche Weise der gewünschte geringe Heizwärmebedarf realisiert wird, bleibt Bauherr und Architekt überlassen.

Um ihn allerdings zu erreichen, ist unter unseren Klimabedingungen ein sehr guter Wärmeschutz unerlässlich. Die Tabelle zeigt Richtwerte für eine Vorplanung:

U-Werte in W/m ² K, Dämmstärke mit WLG 040	Dachschräge Dachboden	Außenwand	Kellerdecke Bodenplatte	Fenster
EnEV	U = 0,30 12 - 14 cm	U = 0,35 8 - 10 cm	U = 0,45 5 - 6 cm	U _w = 1,7 mit 2-fach Wärmeschutzglas
NEH-Standard	U = 0,20 20 - 25 cm	U = 0,28 12 - 15 cm	U = 0,33 10 - 12 cm	U _w = 1,50 mit 2-fach Wärmeschutzglas
PH-Standard	U = 0,15 30 - 40 cm	U = 0,15 25 - 35 cm	U = 0,15 25 - 35 cm	U _w = 0,80 mit 3-fach Wärmeschutzglas

Gerade weil nicht die Einhaltung von Bauteil-U-Werten gefordert ist, hat der Planer für seinen Gebäudeentwurf ausreichend große Spielräume. Wird das eine Bauteil aus konstruktiven oder ästhetischen Gründen geringer gedämmt, so kann der Jahresheizwärmebedarf des Gebäudes durch Mehrdämmung anderer Bauteile und/oder Maßnahmen im Bereich passiver Solarenergienutzung und Lüftung dennoch erreicht werden. Es wird deutlich, dass im Gegensatz zu früheren Zeiten der NEH-Standard (wie auch die EnEV) höhere Ansprüche an die Entwurfsplanung stellt und deshalb als Herausforderung statt als Hemmnis empfunden werden sollte.

In Diskussionen vor allem mit Verantwortlichen aus Kommunen bezüglich der Einführung des NEH-Standards ist dabei immer wieder ein Phänomen zu beobachten. In kürzester Zeit konzentriert sich die gesamte Diskussion ausschließlich auf ein Bauteil: die Außenwand.

Während z.B. 20 cm Mineralwolle im Dachbereich zwischen den Sparren (vom Wohnbereich nur durch eine dünne Gipskartonplatte getrennt) als selbstverständlich angesehen und deshalb auch ohne Bedenken akzeptiert werden, stößt der Vorschlag einer Dämmung von z.B. 15 cm Mineralwolle oder Polystyrol außen auf der Außenwand sofort auf Ablehnung - und dann auch gleich das Gesamtkonzept NEH-Standard.

Damit gekoppelt ist oft die irrige Vorstellung, dass die Hülle eines Wohngebäudes zu 70 bis 80 % aus Außenwänden besteht.

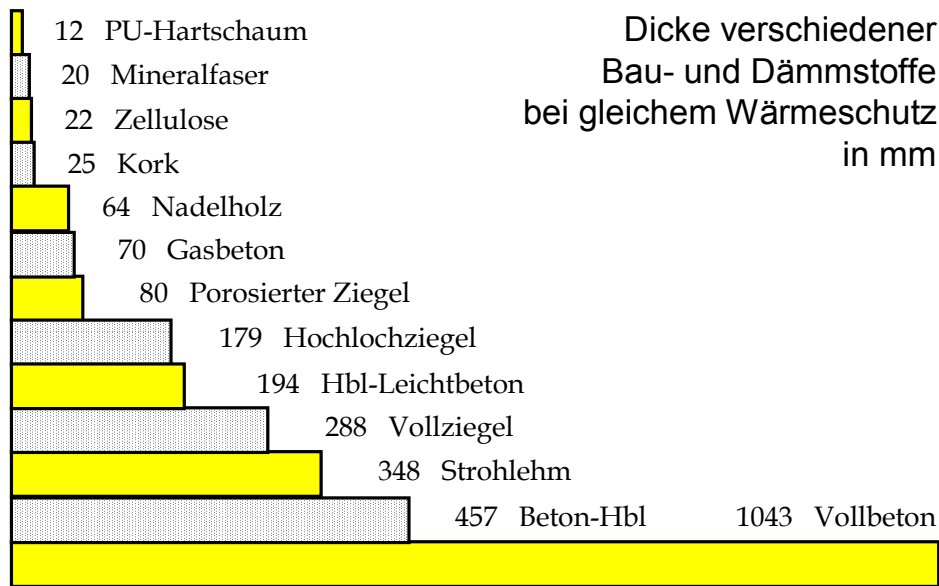
Haus- typ	Wohn- fläche m ²	Bauteil	Hüll- fläche m ²	Anteil an der ges. Hüllfläche %
EFH	110	Außenwand	117,6	39 %
		Dach	78,0	26 %
		Grundfläche	72,8	24 %
		Fenster	33,0	11 %
		Gesamt	301,4	100 %
MFH (8 WE)	844	Außenwand	484,3	39 %
		Dach	333,7	27 %
		Grundfläche	248,0	20 %
		Fenster	165,7	14 %
		Gesamt	1.231,7	100 %

Deshalb wird die vermeintliche Rundumverpackung rein gefühlsmäßig abgelehnt, während der vermutete 'kleine' Rest von Dach- und Grundflächendämmung Akzeptanz findet.

Richtig ist jedoch, dass der Anteil der Außenwand an der Gesamthüllfläche des Wohnhauses je nach Bauweise nur 35 - 45 % ausmacht und insofern die Dämmung der Außenwand nur eine Komponente unter vielen im

NEH darstellt. Außenwanddämmsysteme stehen heute in verschiedenster Ausführung zur Verfügung, sie sind bauphysikalisch einwandfrei und seit langem erprobt - mit Herstellergarantien von 20 Jahren und mehr.

Weiterhin herrscht oft auch Unkenntnis über die Dämmfähigkeit von Baustoffen gerade im Außenwandbereich ("Reichen nicht auch 4 cm?").



So entspricht z.B. die Dämmwirkung von 348 mm Strohlehm der Dämmwirkung von gerade 22 mm Zellulose oder die Dämmwirkung von 1,043 m Vollbeton ganzen 12 mm PU-Hartschaum. Es ist klar, dass selbst geringer wärmeleitende Baustoffe wie Gasbeton oder porosierte Ziegel nicht die Wirkung von Dämmstoffen erreichen (Faktor 3 bis 6).

Bei den Dämmstoffen selbst spart übrigens der Wechsel zu einer niedrigeren Wärmeleitfähigkeit Dämmstoffstärke, z.B.:

Ein Holzfaserplatte von 0,16 m Dicke hat ein λ von 0,040 W/(mK), d.h.:

$$0,16 \text{ m} : 0,040 \text{ W}/(\text{mK}) = 4,00 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}; \text{ daraus folgt } U = 1 : 4,00 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W} = \underline{0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

Eine PUR-Platte von nur 0,10 m Dicke, aber mit einem λ von 0,025 W/(mK) kommt zum selben Ergebnis:

$$0,10 \text{ m} : 0,025 \text{ W}/(\text{mK}) = 4,00 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}; \text{ daraus folgt } U = 1 : 4,00 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W} = \underline{0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

Schon aus wirtschaftlichen Gründen (kleine und teure Grundstücke) sind bei gleicher Dämmwirkung dünnere Bauteilaufbauten zu bevorzugen, weil dadurch mehr Wohnraum gewonnen werden kann.

Exkurs Atmende Wände

Auf Ablehnung stößt eine verstärkte Wärmedämmung wegen der angeblich mangelnden Atmungsfähigkeit einer Außenwand, auf die eine entsprechend starke Schicht Dämmmaterial aufgebracht ist.

Wände können nicht atmen!

Die Befürworter dieser „die-Wand-muss-atmen“-Theorie meinen offenbar aber nicht, dass die Wand (in sich selbst) atmet. „Atmen“ bedeutet den Austausch verbrauchter Luft durch Frischluft. Im eigentlichen Wortsinn können Wände (und andere Bauteile wie z.B. Dächer) damit nicht atmen. Sie fordern aus Gründen eines guten Raumklimas, dass das Gebäude durch luftdurchlässige Wände beatmet werden soll – dass also die Durchlässigkeit von Baustoffen für den erforderlichen Luftwechsel in den Räumen sorgt. Diese Theorie geht zurück auf M. v. Pettenkofer und stammt aus dem Jahr 1877.

Durchlässige Baustoffe können Räume nicht belüften!

Schon seit den 20er Jahren weiß man allerdings, dass verputzte Wände (und alle Wände sind innen und/oder außen verputzt) wind- und damit luftdicht sind. Im Gegenteil: Ist eine Wand winddurchlässig, so liegt ein Bauschaden vor. Gebäude können nicht über die Wände belüftet (beatmet) werden. Der notwendige Luftaustausch kann nur über eine (unkontrollierte) Fensterlüftung oder eine mechanische (kontrollierte) Lüftungsanlage stattfinden.

Neben der Lüftung sollen Wände auch die Feuchteregulation und die Abfuhr von Schadstoffen aus den Räumen als „atmungsaktive Wand“ übernehmen können. Tatsächlich wandert während der Heizperiode Wasserdampf aus den warmen feuchten Innenräumen durch die Wände zu der kälteren, trockeneren Außenluft. Dies wird als Wasserdampfdiffusion bezeichnet.

Weniger als 1 % der Feuchte geht durch die Außenwand!

Aus Untersuchungen ist seit langem bekannt, dass in einem üblichen Raum (10 m² Außenwandfläche, Luftwechselrate 0,5 h⁻¹) mit verputzten Ziegelwänden an 60 Extremtagen mit der verbrauchten Außenluft 480 kg Feuchte über die Fenster abgeführt werden. Durch die (diffusionsoffene) Ziegelwand diffundieren im gleichen Zeitraum nur knapp 4 kg – das sind weniger als 1 % der mit der Lüftung abgeführten Feuchte! Außenwandkonstruktionen können daher aus lufthygienischer Sicht auch vollkommen dampfdicht (wie das übrigens bei allen ausgebauten Dachgeschossen sinnvollerweise der Fall ist) ausgeführt werden, ohne dass dies den Wasserdampfgehalt der Raumluft verändern würde.

Mythos „Atmende Wand“!

Warum sich der Mythos der „atmenden Wände“ bis heute hält, ist nicht verständlich. Gründe dafür liegen u.a. in einem gewissen Unverständnis von Planern für bauphysikalische Zusammenhänge oder in der Werbung der Ziegelindustrie, die als einziger Industriezweig in ihren Veröffentlichungen direkt („massiv = atmungsaktiv“) oder umschreibend auf die Bedeutung der angeblichen „Atmungsaktivität“ von Wänden hinweist.

Wände können also weder atmen noch sind sie atmungsaktiv! Bauphysikalisch gute Planungen berücksichtigen bei der Auswahl allerdings möglichst diffusionsoffene Bau- und Dämmstoffe. Hier hat z.B. Zellulose gegenüber Polystyrol durchaus Vorteile. Andererseits ist Polystyrol wiederum so diffusionsoffen wie Massivholz und sogar diffusionsoffener wie der vielfach eingesetzte Beton.

Dämmstoffe

Eine große Rolle spielt in allen Diskussionen die Wahl der Dämmstoffe. Als Kriterien werden regelmäßig genannt: Herstellung und Entsorgung, Art und Menge des Rohstoffbedarfs, Materialeigenschaften, Einsatzbereich, physikalische Daten, Schadstoffwirkungen und die betriebswirtschaftlichen Kosten.

Jeder gängige Dämmstoff hat Vor- und Nachteile.

Dies gilt für die „ökologischen“ oder „natürlichen“ (z.B. Zellulose, Kork, Baumwolle, Flachs, Schafwolle, Holzweichfasern) ebenso wie für die „konventionellen“ oder „künstlichen“ Dämmstoffe (z.B. Mineralfasern wie Gesteins- oder Glasfaser, Polystyrol-, Polyurethan-Hartschaum oder Schaumglas). Aber gerade die Vielfalt der angebotenen Dämmstoffe ermöglicht auch ihren differenzierten Einsatz und die optimale Anpassung an bauliche Gegebenheiten.

Alle aktuellen Untersuchungen und Vergleiche machen deutlich, dass pauschale Aussagen über Dämmstoffqualitäten nicht möglich sind.

Aus ökologischer Sicht spielt der Bereich Herstellung und Entsorgung die größte Rolle. Hier haben die konventionellen Dämmstoffe deutliche Nachteile. Die langen Herstellungsprozessketten stehen in direkter Verbindung mit der Chlor- und Petrochemie; ozonschichtzerstörende Treibmittel, Treibhausgase und selbst krebserregende Substanzen werden bei ihrer Produktion freigesetzt. Manche Rohstoffreserven (z.B. Erdöl) sind begrenzt, ein Recycling benötigt derzeit guten Willen von allen Seiten, meist folgt die Entsorgung auf einer Deponie. Aber auch die ökologischen Dämmstoffe haben Nachteile. Probleme gibt es hier durch Monokulturen (z.B. Baumwolle, Flachs) bei Massenproduktion, durch hohen Transportenergieaufwand (z.B. durch Schafwolle aus Neuseeland oder Kork aus Portugal) oder durch Belastungen bei der Herstellung (z.B. hohe Abwasser- und Staubbelastungen bei der Zelluloseherstellung). Da aus Brandschutzgründen alle ökologischen Dämmstoffe mit Borsalz imprägniert sind, müssen sie im Fall der Entsorgung deponiert oder besonders aufwendig verbrannt werden.

Primärenergetisch ist jeder Wärmedämmstoff zu empfehlen.

Der Primärenergieaufwand zur Herstellung von einem Kubikmeter konventionellem Dämmstoff ist zwar höher als bei den ökologischen Dämmstoffen, dafür ist der physikalische Wärmedämmeffekt aber z.T. wesentlich besser. Tatsache ist, dass sich jede Wärmedämmung energetisch betrachtet sehr schnell (in max. 24 Monaten) amortisiert – bei einer Nutzungsdauer der entsprechenden Bauteile von 30 und mehr Jahren.

Die meisten Dämmstoffe können an verschiedenen Bauteilflächen eingesetzt werden. Zu unterscheiden sind schütt-/einblasfähige Materialien, Matten/Bahnen und feste Platten. Schüttungen und eingeblasene Materialien neigen dazu, sich nach dem Einbringen zu setzen, wodurch Hohlräume auftreten können. Bei plattenförmigen, unflexiblen Dämmstoffen ist das Entstehen von Fugen (Wärmebrücken) kaum zu vermeiden. Deshalb sollten Platten großflächig, mehrlagig und versetzt verlegt werden. Für Perimeter- und Flachdachdämmungen sind nur Schaumglas oder konventionelle Dämmstoffe einsetzbar.

Hinsichtlich innenraumrelevanter Schadstoffe sind bei fachgerechtem Einbau alle Dämmstoffe unproblematisch.

Außenwand- und Bodendämmungen sollten ohnehin außen auf dem zu dämmenden Bauteil angebracht werden, bei Dachdämmungen sind bei Einhaltung der Bauvorschriften (z.B. einwandfreie Dampfbremsen) Faserfreisetzungen in den Innenraum nicht feststellbar. Auch hinsichtlich der Freisetzung flüchtiger organischer Verbindungen, radioaktiver Strahlung oder von unangenehmen Gerüchen spielen alle Dämmstoffe nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Der größte Teil der Wohnraumgifte stammt in der Regel aus Möbeln, Fußbodenbelägen und Innenraumfarben und nicht aus der Wärmedämmung.

Bezüglich des Brandschutzes weisen Mineralfaserstoffe eindeutige Vorteile auf. Da gerade die ökologischen Dämmstoffe leicht oder normal brennbar sind, müssen sie mit Flammenschutzmitteln behandelt werden.

Bezüglich der physikalischen Daten und der Kosten sind die klassischen Dämmstoffe im Vorteil.

Eine wichtige Größe ist die Wärmeleitfähigkeit λ [Lambda in W/(mK)]. Je höher diese ist, desto schlechter ist die Wärmedämmung. Die klassischen Dämmstoffe haben eine geringe Wärmeleitfähigkeit von 0,025 bis 0,040 W/(mK), die ökologischen Dämmstoffe eine höhere von 0,040 bis 0,093 W/(mK). Trotz besserer Wärmedämmwerte sind die Materialkosten für klassische Dämmstoffe 10 bis 50 % niedriger als für ökologische Dämmstoffe.

NEH-Standard und Wirtschaftlichkeit

Eine wichtige Frage ist, wie hoch der finanzielle Mehraufwand des NEH-Standards gegenüber einer Ausführung nach EnEV für den Bauherrn tatsächlich ausfällt und ob diese Zusatzkosten angesichts der erwarteten Energieeinsparungen wirtschaftlich vertretbar sind.

Die Mehrkosten werden hier für ein realisiertes Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung dargestellt: Das Gebäude hat eine beheizte Nutzfläche von 266 m². Die Baukosten betragen ohne Grundstück bei Ausführung nach EnEV 293.000 €.

	EnEV-Ausführung	NEH-Ausführung	Gesamt-Mehrkosten	Mehrkosten in €/m ²
Jahres-Heizwärmebedarf nach EnEV-Verfahren	60,0 kWh/(m ² a)	50,9 kWh/(m ² a)		
Jahres-Heizwärmebedarf nach LEG-Verfahren	80,5 kWh/(m ² a)	68,5 kWh/(m ² a)		
Hüllfläche A	588 m ²	588 m ²	keine	keine
Bauwerksvolumen V	862 m ³	862 m ³	keine	keine
Außenwand (187,1 m ²)	0,30 W/(m ² K)	0,23 W/(m ² K)	keine	keine
Obergeschossdecke (145 m ²)	0,29 W/(m ² K)	0,20 W/(m ² K)	1.000 €	7
Bodenplatte (145 m ²)	0,39 W/(m ² K)	0,25 W/(m ² K)	1.600 €	11
Außenwand/Erdreich (58 m ²)	0,30 W/(m ² K)	0,23 W/(m ² K)	400 €	7
Fenster (52,9 m ²)	1,60 W/(m ² K)	1,60 W/(m ² K)	keine	keine
Nachweis Luftdichtheit	ja	ja	keine	keine
Nachweis Wärmebrücken	ja	ja		
kontrollierter Luftwechsel mit Abluftanlage	0,5 h ⁻¹ 2.000 €	0,5 h ⁻¹ 2.000 €	keine	keine
Baukosten für 266 m ² Nutzfläche	272.000 €	275.000 €	3.000 €	11,28
+ Planungskosten	21.000 €	21.000 €	keine	keine
Gesamtkosten	293.000 €	296.000 €	3.000 €	11,28

Der Jahres-Heizwärmebedarf wurde sowohl mit dem Rechenverfahren der EnEV als auch mit einem Rechenverfahren nach DIN EN 832 ermittelt. Es werden sowohl die Anforderungen der EnEV (Brennwertkessel und luftdichte Ausführung) als auch die Anforderungen des NEH-Standards mit max. 70 kWh/(m²a) eingehalten.

Welches Rechenverfahren auch eingesetzt wird, die bessere Wärmedämmung in der NEH-Ausführung verringert den Jahres-Heizwärmebedarf jeweils um ca. 15%. Berücksichtigt man (bei dem Heizwärmebedarf handelt es sich um den Nutzenergiebedarf) einen Anlagennutzungsgrad für eine moderne Gas-Brennwertkesselanlage von 94%, so erhält man einen Jahres-Heizenergiebedarf (Gasverbrauch zur Raumheizung) von

- $266 \text{ m}^2 \times 80,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 21.413 \text{ kWh}/\text{a} : 0,94 = 22.800 \text{ kWh}/\text{a}$ für die ENEV-Ausführung
- $266 \text{ m}^2 \times 68,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 18.221 \text{ kWh}/\text{a} : 0,94 = 19.385 \text{ kWh}/\text{a}$ für die NEH-Ausführung

Die Anhebung des Wärmeschutzes auf den NEH-Standard ergibt sich aus der – kostenneutralen – Änderung des Außenwandaufbaus (Wechsel von 36,5 cm Hochlochziegel auf 17,5 cm Kalk-Sand-Lochstein mit 15 cm Thermohaut) sowie durch jeweilige Erhöhung der Dämmstärken im Boden-, erdreichberührten Außenwand- und Obergeschossdeckenbereich. Die Brutto-Mehrkosten der erhöhten Dämmstärken betragen 3.000 €. Auch Planungsmehrkosten sind nicht mehr (wie früher) ansetzbar, da die Anforderungen mit der EnEV ebenfalls gestiegen sind.

Im Ergebnis dieser Berechnung bei einer Ausführung nach NEH-Standard betragen die Mehrkosten 3.000 € bzw. 11,28 €/m² bzw. gerade einmal 1,0 % der gesamten Baukosten.

Dem stehen aber Einsparungen an Investitionskosten bei der Heizungsanlage (kleinere Dimensionierung von Kessel, Rohrleitungen und Heizkörpern) in Höhe von ca. 1.000 € gegenüber. Damit betragen die verbleibenden Mehrkosten ca. 2.000 € bzw. 0,7 % bei einer gleichzeitigen Verringerung des jährlichen Energieverbrauchs um ca. 15 % bzw. rund 3.400 kWh/a.

Diese Werte zeigen, dass gemessen am Standard der EnEV die Mehrkosten des NEH-Standards kaum messbar sind. Die errechneten prozentualen Mehrkosten von 0,7% liegen längst innerhalb der üblichen Schwankungsbreite von Ausschreibungsergebnissen bei solchen Bauvorhaben.

Berücksichtigt man darüber hinaus die Komfortsteigerung und den Behaglichkeitsgewinn von NEH-Gebäuden sowie einen langfristigen Schutz der Bausubstanz, dann ist der NEH-Standard in jedem Fall wirtschaftlich – also bei guter Planung nicht teurer wie ein EnEV-Gebäude.

PH-Standard und Stand der Technik

Angefangen hat alles mit dem Bau des ersten Passivhauses in Darmstadt im Jahr 1990, das in vier Wohneinheiten (WE) realisiert und seit 1991 „erfolgreich“ bewohnt wird. Heute sind in Deutschland knapp 1.000 WE in Passivhäusern bewohnt, weitere Hunderte sind im Bau und in Planung. Auch Nichtwohnbauten wie Schulen, Dienstleistungs- und Produktionsgebäude gibt es als Passivhaus – ein Gebäude ohne traditionelles aktives Heizsystem.

Seit 1990 sind die baulichen Mehrkosten im Vergleich mit den heute geltenden gesetzlichen Standards in Deutschland, in der Schweiz und in Österreich um etwa den Faktor 7 gefallen: von über 50.000 € auf heute gerade noch ca. 7.500 € je WE. Das bedeutet: Passivhäuser sind heute für jede/n bezahlbar!

Und Dank der enormen Energieeinsparung rechnet sich das Passivhaus. Bei den Energiepreisen für Heizöl oder Erdgas von ca. 4 - 5 Cent/kWh, die man ja nun vollständig einspart, amortisieren sich die Mehrkosten innerhalb der Gebäudelebensdauer.

Zwar liegt ihr Anteil relativ zur gesamten Neubautätigkeit gesehen mit ca. 0,15 % sehr niedrig - aber es gibt eindeutig noch ein hohes Steigerungspotenzial. Je mehr Passivhäuser gebaut werden, um so mehr geeignete Produkte wird es am Markt geben. Die Qualität wird steigen, die Preise werden weiter sinken. Und - die Vielfalt der realisierten Gebäude nimmt zu: Damit wird deutlich, dass es sich beim Passivhaus um einen Standard und nicht um eine spezielle Bauweise handelt.

Die Kernidee des Passivhauses

Deutschland hat in klimatisch unterschiedlichen Gebieten heiße Sommer aber auch sehr kalte Winter – bei zum Teil gleichzeitig vergleichsweise viel Sonnenschein. Die monatlichen Durchschnittstemperaturen liegen von Oktober bis April deutlich unter der Heizgrenze von 12 °C. Fällt das Thermometer unter diese Außentemperatur, springt der Kessel an. Im Winter gibt es nicht nur niedrige durchschnittliche Monatstemperaturen von bis zu – 3°C, an wenigen Tagen herrschen

auch sehr tiefe Außentemperaturen. Bei der Kesseldimensionierung sind deshalb Norm-Außentemperaturen von -10°C (z.B. Wiesbaden) bis zu -16°C (z.B. Schwarzwald) zu berücksichtigen.

Hauptgrund für die Notwendigkeit einer Heizungsanlage ist aber nicht die Tatsache, dass die Außentemperaturen zu tief sind, sondern dass die Gebäude zu wenig „eingepackt“ sind: Es fehlt an ausreichender Wärmedämmung!

Es verhält sich mit Gebäuden genauso wie mit uns Menschen. Im Sommer benötigen wir kaum Kleidung, weil wir im Verhältnis zur uns umgebenden Außentemperatur kaum (Körper) Wärme verlieren. Je weiter die Außentemperatur sinkt, je schneller kühlen wir aus, desto „wärmer ziehen wir uns an“ (um so besser wird unsere Wärmedämmung), um uns vor dem Auskühlen zu schützen. Und je besser wir uns „einpacken“, um so weniger sind selbst tiefste Außentemperaturen wirklich ein Problem. Denn der Körperwärmeverlust wird damit sehr stark verzögert. Für jeden Wintersportler ist dies eine Binsenweisheit.

Und natürlich ist es mit einem Gebäude nicht anders – nur dass sich wie bei uns die „Bekleidung“ nicht dauernd den äußeren Verhältnissen anpassen lässt. Der einmal gewählte Wärmedämm-Standard bleibt i.d.R. für Jahrzehnte bestehen und bei fehlender oder zu wenig Dämmung muss zur Temperaturerhaltung eine Heizung installiert werden.

Selten aber planen Architekten und Bauherren einen besseren Wärmedämm-Standard für ein Gebäude als den, der vom jeweiligen Gesetzgeber eines Landes vorgegeben ist. Dann ist eine Heizungsanlage unumgänglich.

Das Standardheizsystem ist die Warmwasserzentralheizung (Öl- oder Gaskessel mit Heizflächen und Wärmeverteilung). Dabei sind durchschnittlich in Altbauten $100 - 150 \text{ W/m}^2$, in Neubauten $80 - 120 \text{ W/m}^2$ und in NEH 50 W/m^2 Wohnfläche an Kesselleistung (Heizlast) installiert.

Die Kernidee

Die Wärmeverluste über die Gebäudehülle und Lüftung werden derart stark verringert, dass die max. Heizlast unter 10 W/m^2 liegt. Ein „aktives“ Heizsystem ist dann nicht mehr erforderlich. Die „Restheizung“ erfolgt allein durch passive Wärmequellen wie Sonne, Menschen, Haushaltsgeräte und Wärmerückgewinnung aus der Raumluft (Abluft). Deshalb wird ein solches Gebäude Passivhaus genannt. Ein Vorteil: Die Investitionskosten für die sonst übliche Heizungsanlage können eingespart werden!

Warum PassivHäuser?

Dieser neuere Bau-Standard hat ein hohes Entwicklungspotenzial, das einerseits ökonomisch sehr interessant ist und andererseits ökologisch Maßstäbe setzt.

... aus ökologischen Gründen



Das Passivhaus ist Umweltschutz direkt an der Wurzel. Die Reduzierung der Umweltbelastung wird hier z.B. nicht durch nachgeschaltete Filtertechnik oder durch einen Ausgleich an anderer Stelle erreicht. Dieser Bau-Standard lässt Umweltschäden erst gar nicht entstehen, weil es keine Heizungsanlage gibt, die Emissionen wie Staub, Schwefeldioxid oder das klimaschädliche CO_2 in die Luft gelangen lässt. Der extrem geringe Restenergiebedarf eines PH kann dauerhaft und umweltverträglich durch die vorhandenen Ressourcen gedeckt werden; langfristig vollständig aus Erneuerbaren Energien. Mit dem Bau eines PH leistet man damit den derzeit maximalen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz – wo keine Schadstoffe entstehen, können sie auch niemanden schädigen.

... aus ökonomischen Gründen



Mit einem Passivhaus werden Werte geschaffen, die dauerhaft besseren Komfort und höhere Wertbeständigkeit garantieren. Und dies geschieht nicht zu Lasten sondern zu Gunsten unserer

natürlichen Umwelt. Die Wertschöpfung kommt unmittelbar dem jeweiligen Investor zugute (lokale Komponente) – indirekt aber auch der Volkswirtschaft als Ganzes durch Verringerung von teuren Umweltschäden (globale Komponente). Und alle Wirtschaftszweige sind gefordert, Ihren Beitrag zu leisten. Dies gilt für Dienstleister (Architekten, Bauträger) ebenso wie für Baustofflieferanten und ausführende Handwerksbetriebe. Es handelt sich um einen neuen, expansiven Markt mit jährlichen Zuwachsraten von mehr als 100%.

Rechen(Nachweis)verfahren

Ein Passivhaus ist ein Gebäude, in dem eine behagliche Temperatur sowohl im Winter als auch im Sommer ohne ein aktives Heizungs- bzw. Klimatisierungs-System erreicht wird.

Dazu sind durch geeignete Maßnahmen und bauliche Komponenten die Wärmeverluste auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Wo liegt nun dieses Minimum?



Ein Gebäude ist dann ein Passivhaus, wenn sein jährlicher Heizwärmebedarf (Nutz-Energie nur zur Raumerwärmung) unter $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ liegt.

Es kann Unterschiede zwischen Bauentwurf und zunächst erforderlicher theoretischer Berechnung des künftigen Heizwärmebedarfs und dem tatsächlichen späteren Bedarf geben, wenn das Gebäude bewohnt wird.

Sollte es aber nicht – weil sonst alle am Bau Beteiligten enttäuscht sind, wenn der tatsächliche Bedarf den theoretischen übersteigt. Dazu gibt es Rechenverfahren, die auf Grundlage aktueller Europäischer Normen entwickelt wurden und mit den nationalen, gesetzlichen Rechen- und Nachweisverfahren für den Wärmeschutz nicht zu vergleichen sind.

Wie bereits erwähnt gilt in Deutschland seit 1.02.2002 die EnEV als Wärmeschutznachweis, der laut Gesetzgeber nun den NEH-Standard für Neubauten einführen soll. Alle Fachleute sind sich einig, dass dies mit den EnEV-Vorschriften und Rechenverfahren nicht zu erreichen ist.

Voraussetzungen für eine möglichst geringe Abweichung des theoretisch berechneten vom tatsächlichen Heizwärmebedarf sind u.a.:

- Verwendung von Berechnungsvorschriften aktueller Europäischen Normen (EN)
- Berücksichtigung interner Wärmegewinne
- Berücksichtigung der am Bauort bestehenden klimatischen Verhältnisse

So sollte die Berechnung des Wärmedurchgangs durch opake Bauteile und durch Fenster auf Grundlage der DIN EN 6946 und der DIN EN 10077 durchgeführt werden. Wichtig ist, die Berechnungen im Zuge des Baufortschritts (und wahrscheinlich eintretender Änderungen) fortzuschreiben und anzupassen!

EDV-gestützte Gebäudesimulation

Bei der (thermischen) Gebäudesimulation wird die energetische Situation eines geplanten Gebäudes berechnet. Ziel ist es, ein Gebäude zu erhalten, das von der Mehrzahl der Menschen als behaglich empfunden wird – bei gleichzeitiger Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten. Dabei sollen später die Planzahlen mit den wirklichen Zahlen (Temperaturen, Verbrauch, Kosten) übereinstimmen.

Zur Berechnung gibt es dynamische Verfahren: ESP, Dynbil, Julotta, Phoenics, TAS, Trnsys, SUNCODE u.a. sind Programme, die das Temperaturverhalten und die Nutzung eines Gebäudes über das Jahr simulieren und eine Wärmebilanz erstellen. Dringend erforderlich sind dafür Wetter(Klima)daten vom beplanten Standort als Stunden-, Monats- und Jahresmittelwerte.

Liegen keine Stundendatensätze vor, führt eine dynamische Simulation nicht zu einem aussagekräftigen Ergebnis. Nachteile dieser Programme sind die aufwändige Einarbeitung, die wenig bedienerfreundliche Oberfläche und die Höhe ihrer Anschaffungskosten (ca. um den Faktor 10 höher als bei statischen Programmen). Deshalb werden sie i.d.R. nur bei sehr komplexen Gebäuden eingesetzt.

Für die Berechnung von Passivhäusern sind statische Programme ausreichend: ANTARES, EVA, ENERPLAN, EVEBI, H78, NESA, PHPP u.a. liefern rasche, realitätsnahe und damit zuverlässige Ergebnisse. Ein Programm sollte u.a. folgende Rechenroutinen beinhalten:

- Energiebilanzierung auf Grundlage der EN 832: Monatliche Bilanzierung der Wärmeverluste aus Transmission und Lüftung sowie der Wärmegewinne aus Solareinstrahlung und internen Gewinnen
- Berücksichtigung von Wärmebrücken
- Berücksichtigung von Verschattung
- Auswertung der Drucktestergebnisse
- Energiebilanzierung der Lüftungsanlage
- Datenbank Klimadaten für viele Standorte
- Berechnung interner Wärmegewinne

In Deutschland wird zur Planung von Passivhäusern das PassivHausProjektierungspaket (PHPP) häufig eingesetzt. Es ist ein einfaches excelbasiertes Programm – leider wenig benutzerfreundlich, aber sehr preisgünstig, erprobt und praxisnah: Festzustellen ist, dass sorgfältige Energiebedarfsmessungen in einer großen Zahl von Passivhaus-Gebäuden nach deren Bezug durchgeführt worden sind – und die Messergebnisse stimmten im Durchschnitt sehr genau mit dem rechnerischen Wert aus dem PHPP-Programm überein. Dies zeigt, dass mit statischer Gebäudesimulation bei der Planung eines PH durchaus realitätsnahe Ergebnisse erzielt werden.

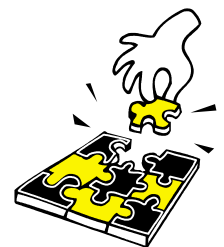
Wie wird ein Gebäude zum Passivhaus?

Die Verwirklichung von PH stellt an die Planung und Bauleitung, die Bauausführung und verwendeten Komponenten nochmals höhere Ansprüche wie z.B. bei NEH.

Die prinzipiellen baulichen Grundlagen für das PH sind allerdings die gleichen wie für das NEH: Gute Dämmung, super Fenster und Komfortlüftung. Qualitätsverbesserungen in diesen 3 Bereichen haben sich schon beim NEH bewährt.

Die bloße Zusammenstellung geeigneter Einzel-Komponenten reicht jedoch nicht aus, um ein Gebäude zum Passivhaus zu machen: Das Ganze ist mehr wie die Summe seiner Teile!

Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung des Passivhaus-Konzepts ist eine integrale Planung, welche auf jeden Fall die Wechselwirkungen der Einzel-Komponenten berücksichtigt.



Das Passivhaus ist wie gesagt über die Energiekennzahl für den Jahres-Heizwärmebedarf von weniger als 15 kWh/(m²a) definiert – das ist der Zielwert, der unterschritten werden soll. Bei Beachtung der folgenden sechs Konstruktionsmerkmale wird der PH-Standard i.d.R. erreicht.

1. Wärmedämmung

Unverzichtbar ist die erhebliche Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehülle – und zwar aller Bauteile vom Boden über die Außenwand bis hin zum Dach.

Zielwert für alle Bauteile: U -Wert $< 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{mK})$: Dämmstärke 25 – 40 cm

Immer wird bezweifelt, dass ein erheblich verbesserter Wärmeschutz tatsächlich die Energieeinsparung erbringt, die theoretisch von ihm erwartet wird. Doch alle bisherigen sorgfältig messtechnisch begleiteten Passivhaus-Projekte beweisen es: Wärmedämmung entfaltet ihre Wirksamkeit auch bei Stärken von 25 bis 50 cm in vollem Umfang, d.h. Superdämmung funktioniert! Als Dämmstoffe sind grundsätzlich Platten, Matten und Schüttungen geeignet wie u.a. Zellulose, Mineralfaser, Holzfaser, Polystyrol, PUR, Mineralschaum oder Schaumglas.

2. Fenster

Ebenso unverzichtbar für das Passivhaus sind ganz entscheidend verbesserte Fenster:

Zielwert für das komplette Fenster: U_w -Wert $< 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit $(U_g - 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})) \times g < 0$

Um den Zielwert zu erreichen, reicht es weder aus, nur die Verglasung zu verbessern [Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung mit $U_g = 0,6 - 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$], noch allein besser dämmende Fensterrahmen [$U_f = 0,5 - 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$] zu verwenden. Es ist notwendig, beides zu kombinieren und dabei auch noch die Wärmebrücke am Glasrandverbund zu reduzieren. Die Erfahrungen mit gebauten, messtechnisch begleiteten Passivhäusern zeigen: Diese Fenster funktionieren und Ihr Einsatz ist für den Erfolg des Passivhauses eine unverzichtbare Voraussetzung.

3. Vermeidung von Wärmebrücken

Wärmebrücken müssen in Passivhäusern sorgfältig in ihren Auswirkungen auf ein Mindestmaß reduziert werden. Wärmebrücken beeinträchtigen die Behaglichkeit, weil durch den verstärkten Wärmeabfluss die innere Oberflächentemperatur abnimmt. Dadurch wird dem Nutzer wesentlich mehr Strahlungswärme entzogen. Durch die niedrige Oberflächentemperatur kommt es gerade beim Passivhaus im Bereich der Wärmebrücke zu Ausfall von Tauwasser (Wasserdampfkondensation) und wegen der Durchfeuchtung zu Bauschäden und Schimmelpilzbefall.

Zielwert für das Gebäude: $\Psi < 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$; wärmebrückenfreie Konstruktion

Durch gute Planung und Bauausführung können aber fast alle Wärmebrücken vermieden oder stark reduziert werden.

4. Wind-/Luftdichtheit des Gebäudes

Alle Außenbauteile müssen gegen ein- und austretenden Luftzug abgedichtet werden.

Zielwert für das Gebäude: $n_{50} < 0,60 \text{ h}^{-1}$ (bei 50 Pa); Nachweis durch Druck-Test

5. Kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung

Der Lüftungswärmeverlust ohne WRG beträgt in ‚normalen‘ Gebäuden etwa $35 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$. Das ist mehr als doppelt soviel Bedarf wie für das gesamte Passivhaus. Weniger Lüftungswärmeverluste sind nur durch eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) erreichbar, und diese muss in Passivhäusern auch hocheffizient sein:

Zielwert für die WRG: $\eta > 75 \%$

Die Komfort-Lüftung hat im Passivhaus neben der Energieeinsparung weitere positive Auswirkungen: Die Luftqualität wird spürbar verbessert und die eintretende Frischluft ist auch im Winter bereits angenehm temperiert. Im Passivhaus sollte diese Zuluftwärme ausreichen, um behagliche Raumtemperaturen auch bei tiefen Außentemperaturen zu erzielen.

6. Passiv-solare Gewinne

Passiv-solare Gewinne erhält man über transparente Gebäudeteile, also die Fenster. Auch diese wichtige „Heizquelle“ ist optimal zu planen:

- Nordfenster sollen nur eine ausreichende Helligkeit in den Räumen dahinter sicherstellen. 10% der Nordfassadenfläche sollten nicht überschritten werden.
- 15 – 30% der Fassadenflächen für Fenster sind auf der Ost- und Westseite optimal. Die Gefahr der sommerlichen Überhitzung ist im Westen größer als im Osten.

Zielwert Südfassade: Fensterfläche < 60 %

- Der Fensterflächenanteil an der Südfassade sollte bei 40 – max. 60% liegen. Darüber hinaus können die zusätzlichen Solargewinne nicht mehr genutzt werden! Das haben umfangreiche Messungen ergeben. Im Gegenteil – mit zunehmender Fensterfläche muss ein immer besserer Sonnenschutz gegen Überhitzung im Sommer gewährleistet werden.

Nicht zu vergessen: Fenster sind bei jedem Gebäude das mit Abstand teuerste Bauteil!



Der Passivhaus-Standard beruht nur auf Einhaltung der zuvor beschriebenen 6 Konstruktionsmerkmale. Oft werden energiesparende Gebäude-Standards wie das NEH oder das PH aber auch mit anderen Komponenten in Verbindung gebracht.

Stichwort: Solar-Architektur

Unter Solar-Architektur verstehen viele Architekten die Planung großer Südglassflächen (bis 100%) und/oder verglaster Vorbauten (Wintergärten). Beide bewirken kein Passivhaus! Im Gegenteil: Die Wärmeverluste werden kaum oder gar nicht reduziert, dafür erhöhen sich die Baukosten enorm und der Aufwand für den sommerlichen Wärmeschutz steigt extrem.

Stichwort: Erneuerbare Energien

Gewünscht ist eine (im Winter verschattungsfreie) Orientierung des Gebäudes nach Süden. Unter Solar-Architektur sollte die Planung von geeigneten, südorientierten (Dach)Flächen zur effizienten Nutzung der Sonne zur Warmwasserbereitung durch Kollektoren und zur Stromerzeugung durch Photovoltaikzellen verstanden werden. Aber auch diese Komponenten haben mit dem PH-Standard nichts zu tun; sie sind willkommene Zusatzelemente.

Stichwort: Heizungstechnik

Ein Passivhaus kommt ohne Heiztechnik aus. Hier liegt ja der eigentliche Vorteil: Keine Installationen, keine Investitionen, keine Emissionen sind das Ziel. Insofern haben selbst umweltfreundliche Heizkonzepte (Biomasse, Holz, Solar) nichts mit dem PH-Standard zu tun. Sie lenken vom eigentlichen Konzept ab. Falls die „Restheizung“ durch passive Wärmegewinne nicht ganz ausreicht, darf jedoch lüftungstechnisch durch Nacherwärmung der Zuluft z.B. durch eine Wärmepumpe ‚zugeheizt‘ werden.

Das Passivhaus-Gesamtkonzept

Ein Passivhaus „lebt“ einerseits von den äußeren passiv-solaren Gewinnen. Selbst in Deutschland werden im Winter teilweise tiefere Außentemperaturen erreicht. Gerade dann aber ist (bei einigermaßen verschattungsfreien Standorten) die Sonneneinstrahlung gleichzeitig wesentlich höher und liefert so einen viel höheren Beitrag zur „Restheizung“!

Andererseits ist ein PH auch sehr von den internen Wärmequellen abhängig. Messergebnisse aus zwei Wintern (92/93 und 93/94) im PH Darmstadt zeigen, dass die benötigte Heizleistung nie über 7 W/m² stieg.

Für eine Wohnung mit 156 m² lag damit die max. Heizlast bei -15°C Außentemperatur unter 1.100 W (= 1,10 kW)! Dieser Rest-Heizwärmebedarf kann nicht nur über die Anwesenheit von Personen (ca. 80 W/P) sondern auch locker über eine Vielzahl ineffizienter elektrischer Geräte gedeckt werden. 60-W-Glühlampen z.B. wandeln nur 5% des eingesetzten Stroms in Licht um. Der Rest ist frei werdende Wärme: 19 dieser Glühlampen könnten so leicht die max. Heizlast am kältesten Tag des Jahres decken!

Es ist deshalb „einfach“, ein Passivhaus im beschriebenen Sinne zu bauen und den Restenergiebedarf durch die Abwärme von Elektrogeräten bereitzustellen. Das ist aber nicht Projektziel. Deshalb wurde die Definition des Passivhauses mittlerweile erweitert:

Ein Gebäude ist ein Passivhaus, wenn

der Heizwärmebedarf < 15 kWh/(m²a) + der Primärenergiebedarf < 120 kWh/(m²a) ist.

Strom wird überwiegend aus fossilen Brennstoffen mit niedrigem Wirkungsgrad erzeugt. Das bedeutet einen hohen Primärenergieverbrauch, der ebenfalls so niedrig wie möglich gehalten werden soll. Die Einführung obiger Kennzahl bedeutet, dass im Passivhaus auch der Strom effizient durch sehr sparsame Elektrogeräte und Lampen genutzt werden soll.

Gebaute Beispiele

In Deutschland, in der Schweiz und in Österreich gibt es zahlreiche veröffentlichte Passivhäuser (www.passivhaus-info.de). U.a.:

3-Familienhaus mit Studio

Ein Wohnhaus in Muatathal (CH) mit alpinen Klimabedingungen wurde im Januar 2001 außerhalb der Bauzone als Ersatzbau errichtet. Die 3 WE und das Studio haben eine Wohnfläche von 377,3 m².



Es handelt sich um eine Massivbauweise mit Außendämmung sowohl verputzt wie auch mit hinterlüfteter Fassade. Unter die Bodenplatte kam eine 63 cm starke Schaumglasschütt-dämmung, der Dachaufbau erfolgte konventionell und mit Eterniteindeckung:

- Bodenplatte: $U = 0,089 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Außenwände: $U = 0,083 \text{ bis } 0,138 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Dach: $U = 0,095 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Holzfenster: $U_{w, \text{Mittel über alle Fenster}} = 0,828 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Luftdichtheit n_{50} : $0,21 \text{ h}^{-1}$ (gemessen)
- Lüftung: Kompaktlüftungsgeräte mit Wärmepumpe (WP), $\eta = 75\%$ und Erdreichwärmetauscher
- Warmwasser: 20 m² Kollektoren
- Strom: Netzfreischalter, Haushaltsgeräte Effizienzklasse A, Energiesparlampen
- Jahres-Heizenergiebedarf: $13,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Primärenergie-Kennwert: $86,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Mehrfamilienhaus mit 40 WE

Die GWG Kassel hat einen öffentlich geförderten Wohnungsbau mit 40 WE im Mai 1999 begonnen. Dabei standen vor allem wirtschaftliche Überlegungen zur Realisierung von sozialem Wohnungsbau im Vordergrund. Die 2 Gebäude mit je drei Vollgeschossen wurden in Massivbauweise (17,5 cm Kalksandstein + 30 cm WDVS) errichtet. Auf 3.485 m² Grundstück entstand bei 11.996 m³ umbautem Raum 2.915 m² Wohnfläche.

Einzeldaten:

- Außenwand: $U = 0,125 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- Fenster: U-Wert $< 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ mit außenliegenden Schiebeläden
- Dach: 36 cm PS-Hartschaum und Gründachaufbau
- Be- und Entlüftung: wohnungsweise geregelte Ventilatoren
- Heizung: keine
- Warmwasser: über Fernwärmeversorgung
- Jahres-Heizenergiebedarf: $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
- Reine Baukosten: 1.174 €/m^2
- Gesamt-Baukosten: 1.403 €/m^2



Reihenhaussiedlung mit 22 WE



In Wiesbaden wurde 1997 eine Siedlung mit 22 Passivhäusern fertiggestellt. Sie wurden im kostengünstigen Wohnungsbau errichtet, zu Bauwerkskosten von weniger als 1.050 €/m^2 . Erste Messergebnisse liegen vor: Die Häuser hatten im Winter 98/99 im Mittel nur $12 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$ Heizenergiebedarf.

Wichtig ist, dass sich Bewohner der Passivhäuser wohlfühlen: Hier stimmen Theorie und Praxis überein; durch sehr gute Wärmedämmung ergeben sich rundum hohe Oberflächentemperaturen auch bei frostigem Außenklima. So werden Unterschiede in der Strahlungstemperatur und Zugluft vermieden. Das wurde vielfach durch Messungen bestätigt.

Fazit

Die Rückmeldungen der Bewohner dieser und anderer Gebäude sind sehr positiv: „Wir haben nie gefroren“, „Wir fühlen uns wohl“ oder „Wenn wir wieder bauen würden, müsste es auf jeden Fall wieder ein Passivhaus sein“.

Die Raumtemperaturen waren auch im strengen Winter stets angenehm. Die Befürchtung, man dürfe im PH kein Fenster öffnen und fühle sich dadurch unwohl, erwies sich in der Praxis als gegenstandslos. Fenster wurden im Kernwinter geöffnet – allerdings nur kurz. Dagegen gewöhnten sich die Bewohner schnell an den Komfort, im Winter nicht mehr über die Fenster lüften zu müssen. Die luftdichte Gebäudehülle führt zu Zugfreiheit und nebenbei zu einem auffallend guten Schallschutz gegenüber der Umgebung.

Während in Dänemark, Frankreich oder der Schweiz die Notwendigkeit der kontrollierten Wohnungslüftung unumstritten ist, besteht in Deutschland nach wie vor eine Grundsatzdiskussion darüber – trotz hunderttausender Wohnungen mit Feuchteschäden wegen mangelnder Lüftung und mit Debatten über Raumluftschadstoffe. Dies hängt auch damit zusammen, dass in diesem Bereich bisher nicht immer Qualität gebaut wurde. Nur gute Anlagen, die leise, effizient, stromsparend und hygienisch sind, führen zu einer Verbesserung der Raumluftqualität bei gleichzeitiger Energieeinsparung. Deshalb: Einfache und kurze Systeme planen, dabei nicht an Querschnitt sparen und statt Rohren die Decken als halbseitigen Kanal nutzen!

Mit dem Abschluss des EU-Demonstrationsprojekts CEPHEUS (Kosteneffiziente Passivhäuser als Europäische Standards) liegen nun auch belastbare Daten aus einer statistisch repräsentativen Stichprobe von Passivhäusern aus Dänemark, Österreich, Frankreich, Schweiz und Deutschland vor.

Im Ergebnis hat CEPHEUS gezeigt:

- Passivhäuser können in unterschiedlichen Bauweisen und Gebäudetypen mit vertretbaren Kosten errichtet werden.
- Vorliegende Planungshilfen zur Luftführung, zum Wärmebrückenfreien Konstruieren, zur Luftdichtheit und zu Passivhausfenstern haben sich bewährt.
- Das Passivhaus funktioniert einwandfrei, vor allem reicht die alleinige Zuluftbeheizung aus.
- Sowohl Eigentümer als auch Mieter sind mit dem PH-Standard sehr gut zurechtgekommen und mit der thermischen Behaglichkeit sehr zufrieden.
- Extrem niedrige Verbrauchswerte werden erreicht.
- Die gemessenen Verbrauchswerte der 114 WE können als normalverteilt angesehen werden. Im Mittel ergab sich ein Jahres-Heizenergiebedarf (Energieverbrauch!) von 16,6 kWh/(m²a) und damit nur geringfügig höher als berechnet. Damit kann auch das Rechenverfahren nach EN 832 (Grundlage des PHPP) als im Feldversuch validiert gelten.

Das Umweltschutz-Ziel wird nicht durch Verzicht erreicht – im Gegenteil. Nur so besteht heute überhaupt eine Chance, entscheidende Verbesserungen umzusetzen. Im PH führt höhere Effizienz eindeutig zu höherem Komfort. „Energiesparen“ hat damit den Geruch des Asketischen verloren. Mit Verordnungen und Gesetzen ist dabei nicht viel zu gewinnen; die angebotenen Konzepte müssen vielmehr alle Voraussetzungen erfüllen, die für eine breite Akzeptanz am Markt erforderlich sind:

- ➡ Sie müssen einfach und zuverlässig sein.
- ➡ Sie müssen den Komfort verbessern und nicht beschränken.
- ➡ Sie müssen die bisherigen Wohnformen und -ansprüche aufnehmen und dürfen sich kaum vom Althergebrachten unterscheiden.
- ➡ Sie müssen bezahlbar sein.

Alle Forderungen werden durch den heutigen Passivhaus-Standard erfüllt.

Umsetzung guter Dämm-Standards in Neubaugebieten

Bei der Umsetzung guter Dämm-Standards im Zuge der Ausweisung von Neubaugebieten hat die Kommune durchaus einen Handlungsspielraum zur Realisierung ihrer energiepolitischen Zielsetzungen. Das Ziel besteht dabei in der weiteren Reduzierung des Wärmebedarfs von Neubauten über das gesetzliche Mindestmaß der EnEV hinaus.

Energieeinsparung bewirkt Klimaschutz (weniger Emissionen von Kohlendioxid und Schadstoffen), Ressourcenschonung (weniger Verbrauch an fossilen, nicht erneuerbaren Energieträgern wie Erdgas, Kohle oder Erdöl) und Zukunftsvorsorge (weniger Energiekosten für den Bauherren und nachfolgende Generationen, Bausubstanzerhaltung, zukünftig wirtschaftlicher Einsatz von regenerativen Energien). Diese energiepolitischen Zielsetzungen sind heute bei jedem Neubaugebiet wirtschaftlich, technisch und organisatorisch umsetzbar - unter der Voraussetzung, dass „alle an einem Strang ziehen.“ Nur wenn sich Kommunalpolitik und Verwaltung diese Ziele zu eigen machen und engagiert an ihrer Umsetzung arbeiten, wird ein auf Energieeinsparung ausgerichtetes Neubaugebiet erfolgreich sein.

Denn ungeachtet der technischen Machbarkeit, der Einsicht in die ökologische Notwendigkeit, des Wissens um die klimaschützende Vorteilhaftigkeit und der im Einzelfall nachgewiesenen Wirtschaftlichkeit für die künftigen Bewohner werden infolge der bereits genannten Hemmnisse oft weder der NEH-Standard noch der PH-Standard umgesetzt.

Weiterbildung für kommunale Mitarbeiter

Schon das Scheitern des NEH-Standards hängt meist direkt mit fehlendem Fachwissen bei den Verantwortlichen in den Kommunen zusammen. Immer wieder wird z.B. 'aus dem Bauch heraus' mit dem Argument "Wände müssen atmen" gegen eine bauphysikalisch einwandfreie, in allen Belangen äußerst vorteilhafte Außenwanddämmung polemisiert. Nach wie vor wird ein verbesserter Dämm-Standard unsinnigerweise mit einer 'Bauweise' verwechselt, die nicht nur hässlich und kastenförmig monoton sei sondern auch noch unzumutbare Mehrkosten verursacht.

Bei entsprechender Bereitschaft lässt sich allerdings dieses Hemmnis mit gezielter Nutzung der zahlreichen Informations- und Weiterbildungsangebote z.B. der hessenENERGIE oder des IMPULS-Programms Hessen überwinden.

Beratungsangebote für Bauherren und Planer

Auch führt z.B. die reine Willensbekundung für den NEH-Standard nicht automatisch zu einem funktionsfähigen Niedrigenergiehaus. Vielfach gibt es noch Kenntnisdefizite. Deshalb sind die Information der Bauherren und Architekten, die Prüfung der Planung und eine Kontrolle der Qualität der Ausführung in den verschiedenen Baugewerken derzeit noch mindestens ebenso wichtig wie klare Vorgaben. Die Erfahrung lehrt, dass bereits ein einziges schlechtes Beispiel viele gute Beispiele ausstechen kann.

Eine Kommune, die den NEH-Standard in einem Neubaugebiet umgesetzt sehen möchte, sollte deshalb eine temporäre Energieberatung für alle an Planung und Bau Beteiligten anbieten bzw. organisieren. Bewährt hat sich hier eine Beratung, die sich nicht auf die Verteilung von Informationsmaterial beschränkt, sondern eine begleitende bedarfsgerechte Betreuung über die volle Planungs- und Bauphase sicherstellt. U.U. kann diese Beratung durch eigens dafür engagierte Energieberater bzw. Planungsbüros auf Antrag der Kommune finanziell gefördert werden.

Die Beratung sollte während des ersten oder der beiden ersten Jahre der Neubautätigkeit an einem Tag pro Woche vor Ort allen zur Verfügung stehen und sich auf folgende Bereiche konzentrieren:

- Beratung vor Baubeginn vor allem für Architekt und Bauherrn. Hier sind Fragen zur Wärmedämmung, zur winddichten Ausführung, zur Bauphysik und zum Lüften wesentliche Schwerpunkte. Große Unsicherheiten bestehen oftmals bei den mechanischen Lüftungssystemen und bei den Möglichkeiten zur Optimierung der Kosten.
- Prüfung der Planung. Hier sollte der für den Bauantrag errechnete Jahres-Heizwärme- bzw. Jahres-Primärenergiebedarf gemäß EnEV auf Einreichung des NEH-Standards geprüft werden. Optimierungen im Bereich Material-/Dämmstoffwahl und Dämmstärke sind in dieser Phase möglich und oft noch angebracht.
- Begleitende Beratung während der Bauausführung. Hier steht die Beratung der ausführenden Handwerksfirmen im Vordergrund. Sie leistet oft eine wesentliche Hilfestellung bei der praktischen Berücksichtigung der herstellerseitigen Verarbeitungsrichtlinien, hier insbesondere die Erstellung einer winddichten Gebäudehülle und einer guter Lüftungsanlage. Betroffen sind vor allem die Rohbaugewerke.

Trotz knapper Haushaltsmittel wird in manchen Kommunen diskutiert, Bauherren bei der Errichtung eines NEH oder PH direkt mit z.B. 5.000 € zu fördern. Eine sinnvollere Lösung bestünde hier sicherlich darin, diese Mittel für die beschriebene Energieberatung vor Ort einzusetzen, die dann einer wesentlich größeren Zahl von Bauherren nützt.

Für alle beteiligten Architekten, Fachplaner und vor allem Bauträger könnte die Kommune gezielt vor Baubeginn ein spezielles NEH-/PH-Seminarangebot durch Externe anbieten.

Vorbildfunktion

So, wie bereits ein einziges schlechtes Beispiel viele gute Beispiele ausstechen kann, fordert natürlich ein gutes Beispiel eher zur Nachahmung auf. Insofern kann eine Kommune gerade bei eigenen Bauvorhaben ihre Vorbildfunktion erfüllen und z.B. den notwendigen Neubau eines Kindergartens im Baugebiet in PH-Standard ausführen.

Gleiches gilt für den kommunalen Wohnungsbau: Hier könnte die Zielsetzung sein, deutlich über die EnEV hinauszugehen und mindestens den echten NEH-Standard oder den PH-Standard zu realisieren.