



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Wege zum Effizienzhaus-Plus



Verkehr Mobilität Bauen Wohnen Stadt Land Verkehr Mobilität Bauen Wohnen Stadt
Land www.bmvbs.de Verkehr Mobilität Bauen Wohnen Stadt Land Verkehr Mobilität
Bauen Wohnen Stadt Land Verkehr Mobilität Bauen Wohnen Stadt Land Verkehr
Mobilität Bauen Wohnen Stadt Land Verkehr



Plus
Effizienzhaus

Pioniere heute – Marktführer morgen

Die Geschichte der Menschheit ist auch eine Geschichte von Pionieren (Meyers Lexikon: Pionier = Wegbereiter, Vorkämpfer), ohne die Neu- und Weiterentwicklungen in sämtlichen Lebensbereichen niemals stattgefunden hätten. Aufgrund intensiver Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen der Bau- und Anlagenindustrie ist es in den letzten Jahren gelungen, neu errichtete Gebäude so zu konzipieren, dass diese über ein Jahr bilanziert keine fossile Energie mehr benötigen, sondern im Gegenteil sogar noch Energieüberschüsse ans öffentliche Netz liefern können.

Das Effizienzhaus-Plus erlaubt den innovativen Partnern in der Bauindustrie, ihren Pioniergeist in die Baupraxis umzusetzen und so ihre Marktführerschaft zu visualisieren, denn es ist die bauliche Antwort auf die Herausforderungen unserer und künftiger Generationen und damit sehr nachhaltig!

Inhalt

Vorwort	3
Entwicklung und gesetzlicher Rahmen	4
Definition Effizienzhaus-Plus	6
Die Bausteine des Effizienzhaus-Plus	8
Schlüsselparameter: Gebäudeentwurf	9
Schlüsselparameter: Gebäudehülle	10
Schlüsselparameter: Gebäudetechnik	12
Schlüsselparameter: Haushaltsgeräte	14
So kommt das „Plus“ ins Effizienzhaus	15
Ein paar Fakten zur Nachhaltigkeit	16
Kennwerte für ein Beispielhaus	18
Realisierte Vielfalt	20
Was ist sonst noch zu beachten	22
Impressum / Links	24

Vorwort

Willkommen im Zeitalter der positiven Energiebilanz von Gebäuden!

Mobilität, Wohnen, Arbeiten: Zu all diesen Themen liefert der Bausektor entscheidende Grundlagen. Insbesondere der Gebäudesektor birgt ein gewaltiges Entwicklungspotenzial, das immer mehr ins Bewusstsein gelangt: den Bereich der Energieeffizienz. Denn der Gebäudebestand ist mit etwas mehr als einem Drittel der größte Endenergieverbraucher der Volkswirtschaft. Rund 46 % der von Privathaushalten verursachten CO₂-Emissionen sind auf Heizung und Warmwasserbereitung zurückzuführen. Daneben steht der Verkehrssektor mit weiteren 20 %. Für beide Bereiche müssen daher neuartige Ansätze nachhaltigen Ressourceneinsatzes entwickelt werden. Sogar kombinierte Konzepte für beide Bereiche liegen inzwischen vor.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) hat in den letzten Jahren im Rahmen der „Forschungsinitiative Zukunft Bau“ Forschungs- und Entwicklungsthemen auf dem Gebiet des energieeffizienten Bauens und der Nutzung von erneuerbaren Energien im Gebäudebereich unterstützt. Unter anderem wurden Konzepte entwickelt und erprobt, durch die moderne Gebäude mehr Energie produzieren, als sie selbst für ihren Betrieb benötigen.

In diesem Zusammenhang sind insbesondere die Plus-Energie-Häuser der Technischen Universität Darmstadt zu nennen, die in den Jahren 2007 und 2009 den renommierten Wettbewerb „Solar Decathlon“ in Washington, D.C. gewonnen haben. Mit den Effizienzhäusern-Plus wird eine sowohl in energetischer als auch in funktional-ästhetischer Hinsicht interessante Möglichkeit zur Vernetzung moderner Architektur mit neuen Formen der Mobilität verwirklicht. Die verschiedenen hauseigenen Anlagen zur Gewinnung erneuerbaren Stroms decken nicht nur den Stromverbrauch im häuslichen Bereich, sondern



speisen auch noch das dazugehörige Elektromobil. Ein entsprechendes Modellgebäude hat mein Ministerium in Berlin errichtet. Mit diesem Modellhaus erproben wir die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Komponenten und sammeln Erfahrungen für die Breitenanwendung. Für Besucher bietet das Haus eine Gelegenheit, sich aus erster Hand zu informieren und dafür zu begeistern, was heute schon möglich ist. Deshalb fördern wir die Errichtung derartiger Häuser auch an weiteren Orten in Deutschland.

Das Zeitalter der positiven Energiebilanz von Gebäuden hat also schon begonnen. Die vorliegende Broschüre will nicht nur darüber informieren, was schon erreicht worden ist, sondern vielmehr noch Anregung und Hilfestellung für die Praxis sein. Ich wünsche der Broschüre eine rasche Verbreitung in der Fachwelt und in der interessierten Öffentlichkeit!

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Peter Ramsauer'. The signature is fluid and cursive.

Dr. Peter Ramsauer
Bundesminister für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Entwicklung des energiesparenden Bauens

In Deutschland hat energiesparendes Bauen eine lange Tradition. Seit mehr als 30 Jahren wird am Gebäude der Zukunft geforscht, das klimaneutral bewohnt werden kann. Das Niedrigenergiehaus ist seit mehr als 15 Jahren gesetzlicher Mindeststandard für Neubauten. Dank intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist es nun gelungen, Gebäude soweit fortzuentwickeln, dass sie nicht mehr Energieverbraucher, sondern Energieerzeuger sind. Das Effizienzhaus-Plus ermöglicht es, dass mit ihm im Laufe eines Jahres mehr Energie gewonnen wird, als das Gebäude und seine Nutzer verbrauchen.



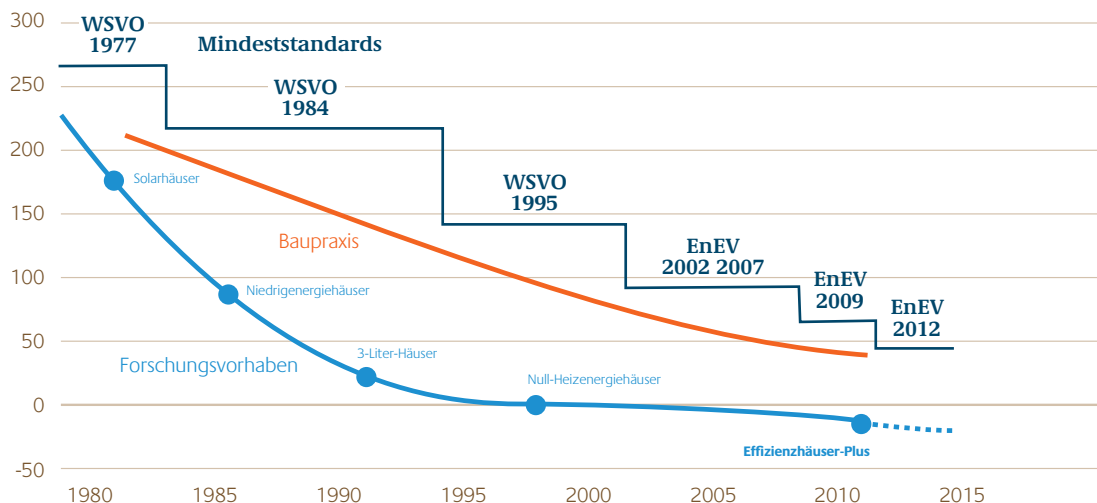
Der Vortrags- und Ausstellungspavillon „Plus-Energie-Haus“ 2009 am Standort in München

Die Technische Universität Darmstadt hat im Jahre 2007 in der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ ein Plus-Energie-Haus entwickelt, um am renommierten Wettbewerb „Solar Decathlon“ in Washington, D.C. (USA) teilzunehmen. Daran können sich weltweit wissenschaftliche Einrichtungen und Hochschulen beteiligen. Wichtigstes Ziel der Modellhäuser, deren Leistungsfähigkeit in 10 Disziplinen geprüft wird, ist es, mehr Energie zu erzeugen als das Haus unter voller Nutzung verbraucht. Die TU Darmstadt hat diesen Wettbewerb in den Jahren 2007 und 2009 gewonnen. Das BMVBS hat auf der Grundlage des Hauses der TU Darmstadt aus dem Jahre 2007 einen eigenen Vortrags- und Ausstellungspavillon errichtet, der von 2009 bis 2011 auf einer einmaligen Deutschlandtour das Konzept in sechs Metropolregionen vorstellte. Der endgültige Standort des Hauses ist nunmehr das Entwicklungsgebiet Phoenixsee in Dortmund.

Das Effizienzhaus-Plus ist nicht an eine bestimmte Technologie gebunden, sondern es kann vielfältig durch eine intelligente Kombination von energieeffizienten Bautechnologien und erneuerbaren Energiegewinnsystemen realisiert werden. Dadurch stellt es einen technologieoffenen Ansatz dar.

Entwicklung des energiesparenden Bauens

Primärenergiebedarf Heizung (kWh/m²a)



Entwicklungsverlauf des Primärenergiebedarfs von Doppelhäusern in den letzten 30 Jahren. Die untere Kurve zeigt exemplarische Forschungsvorhaben, die zur Markteinführung verbesserter Energieniveaus initiiert wurden, während die obere die gesetzlichen Mindestanforderungen dokumentiert. Die innovative Baupraxis bewegt sich zwischen diesen beiden Niveaus. Es ist zu erkennen, dass zwischen Pilotanwendung und der gesetzlichen Fest-schreibung von verschiedenen Niveaus eine Markteinführungsphase von 10 bis 15 Jahren üblich ist.

(Quelle: Fraunhofer-IBP)

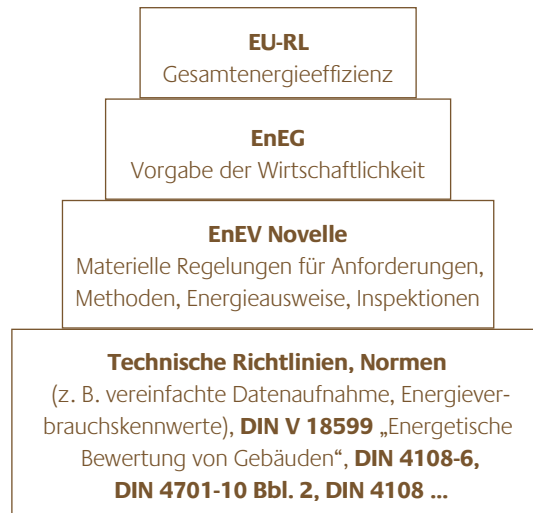
Der gesetzliche Rahmen

In Deutschland werden die Vorgaben der europäischen Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden mittels der Energieeinsparverordnung (EnEV) umgesetzt. Hiernach müssen für neue Wohngebäude Höchstwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf und den spezifischen Transmissionswärmeverlust eingehalten werden. Die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs erfolgt nach DIN V 18599. Alternativ kann auch mit den Normen DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 gerechnet werden.

Darüber hinaus müssen für neu zu errichtende Gebäude auch Anforderungen aus dem Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG) eingehalten werden. Damit werden Bauherren verpflichtet, den Wärmeenergiebedarf neuer Gebäude anteilig mit erneuerbaren Energien zu decken.

Effizienzhaus-Plus Gebäude erfüllen aufgrund ihres hohen energetischen Niveaus beide Anforderungen. Trotzdem müssen auch für diese Häuser die Nachweise nach EnEV und EEWärmeG geführt werden.

Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in Deutschland



Darstellung des Zusammenhangs zwischen der europäischen Verordnungsgebung im Bereich des energieeffizienten Bauens und deren Umsetzung in Deutschland.

Anforderung EnEV

Der Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines neuen Wohngebäudes ist der Wert eines Referenzgebäudes mit gleicher Geometrie, Ausrichtung und Nutzung wie das zu errichtende Gebäude, das einer vorgegebenen Ausführung der Gebäudehülle und Anlagentechnik entspricht.

Jahres-Primärenergiebedarf

Energiemenge, die zur Deckung des Jahres-Heizenergiebedarfs Q_H und des Trinkwasserwärmebedarfs Q_{TW} (Bedarf und Aufwand der Anlagentechnik) benötigt wird unter Berücksichtigung der zusätzlichen Energiemengen, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze „Gebäude“ bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen.

Anforderung EEWärmeG

Erfüllung EEWärmeG zu 100 % durch		Mindestanteil
Erneuerbare Energien	Solare Strahlungsenergie	15 %
	Feste Biomasse	50 %
	Flüssige Biomasse	50 %
	Gasförmige Biomasse in KWK	30 %
	Geothermie und Umweltwärme	50 %
Ersatzmaßnahme	Anlagen zur Nutzung von Abwärme	50 %
	KWK-Anlagen	50 %
	Maßnahmen zur Einsparung von Energie	~ 15 %
Nah- oder Fernwärme mit oben stehenden Anteilen an erneuerbarer Energie bzw. Ersatzmaßnahmen		

Erläuterungen zur Definition

Definition: Effizienzhaus-Plus¹

Das Effizienzhaus-Plus-Niveau² ist erreicht, wenn sowohl ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf ($\Sigma Q_p < 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) als auch ein negativer Jahres-Endenergiebedarf ($\Sigma Q_e < 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) vorliegen. Alle sonstigen Bedingungen der Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV) wie z. B. die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz sind einzuhalten.

Bewertungsmethode: erweiterter EnEV-Nachweis nach DIN V 18599 (Ausgabe 2011)

Die Nachweise sind in Anlehnung an die Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV) nach der DIN V 18599 zu führen. Für die Nachweisführung ist der mittlere Standort nach EnEV anzusetzen. Allerdings müssen in Ergänzung zur Nachweisprozedur der EnEV die End- und Primärenergiebedarfswerte für die Wohnungsbeleuchtung und für die Haushaltsgeräte und -prozesse in der Berechnung mitberücksichtigt werden. Dabei ist ein pauschaler Wert von $20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (davon Beleuchtung: $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$; Haushaltsgeräte: $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$; Kochen: $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$; sonstiges: $4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) jedoch maximal 2.500 kWh/a je Wohneinheit anzunehmen.

Primärenergiefaktoren

Die Primärenergiefaktoren sind (abweichend von der EnEV) in Anlehnung an DIN V 18599 (2011) gemäß unten aufgeführter Tabelle 1 (nicht erneuerbarer Anteil) zu verwenden. Der netzeingespeiste Strom ist analog dem Verdrängungsstrommix zu bewerten.

- 1 Das Effizienzhaus-Plus wird umgangssprachlich auch Plus-Energie-Haus genannt.
- 2 Bekanntmachung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung über die Vergabe von Zuwendungen für Modellprojekte im „Effizienzhaus-Plus-Standard“

Primärenergiefaktoren in Analogie zur DIN V 18599 (Ausgabe 2011). Bei Prozessen der Fern- und Nahwärme oder Fernkälte werden die Werte der nicht in der Tabelle enthaltenen Anlagen gesondert nach DIN V 18599 errechnet.

a Bezugsgröße Endenergie: Heizwert H_i.
b Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %.

Bilanzgrenze: Grundstücksgrenze

Als Bilanzgrenze (auch im Sinne der Einbeziehung der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien) ist das Grundstück, auf dem das Haus errichtet wird, anzusetzen. In Erweiterung zum Bilanzraum der EnEV (unmittelbarer räumlicher Zusammenhang mit dem Gebäude) ist die Summe der auf dem Grundstück des zu bewertenden Gebäudes generierten Energie aus erneuerbaren Energiequellen anrechenbar („on-site Generation“). Die Grundstücksgrenze ist durch die dem Gebäude zuordenbare Gemarkungsgrenze im Grundbuch begrenzt. Sofern mehrere Gebäude auf einem Grundstück stehen, sind die „on-site“ generierten erneuerbaren Energiemengen nutzfächenteilig den einzelnen Gebäuden zuzuordnen.

Nebenanforderung: Geräte mit höchstem Energieeffizienzlabel verwenden

Das zu fördernde Haus ist durchgängig mit Geräten des höchsten Energieeffizienzlabels (in der Regel Label A++ oder besser nach der Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung vom 30. Oktober 1997 [BGBl. I S. 2616], zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 19. Februar 2004 [s. BGBl. I S. 311] –EnVKV–) und intelligenten Zählern auszustatten.

Auszuweisende Zusatzinformation: Eigennutzungsgrad der generierten erneuerbaren Energien

Ergänzend zu dem Einzahlkennwert „Jahres-Primärenergiebedarf und Jahres-Endenergiebedarf“ ist das Verhältnis von selbstgenutzter zu generierter erneuerbarer Energie innerhalb der Bilanzgrenze auszuweisen. Die Ermittlung ist in Anlehnung an die EnEV-Bewertung auf der Basis von Monatsbilanzen durchzuführen.

Energieträger ^a	Primärenergiefaktoren f_p		
	insgesamt	nicht erneuerbarer Anteil	
	A	B	
Fossile Brennstoffe	Heizöl EL	1,1	1,1
	Erdgas H	1,1	1,1
	Flüssiggas	1,1	1,1
	Steinkohle	1,1	1,1
	Braunkohle	1,2	1,2
Biogene Brennstoffe	Bioogas	1,5	0,5
	Bioöl	1,5	0,5
	Holz	1,2	0,2
	fossiler Brennstoff	0,7	0,7
Nah-/Fernwärme aus KWK ^b	erneuerbarer Brennstoff	0,7	0,0
	fossiler Brennstoff	1,3	1,3
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	erneuerbarer Brennstoff	1,3	0,1
	allgemeiner Strommix	2,8	2,4
Strom	Verdrängungsstrommix	2,8	2,8
	Solarenergie	1,0	0,0
Umweltenergie	Erdwärme, Geothermie	1,0	0,0
	Umgebungswärme	1,0	0,0
	Umgebungskälte	1,0	0,0
Abwärme innerhalb des Gebäudes	aus Prozessen, siehe 3.1.12	1,0	0,0

Definition und Berechnungsmethode

Name: Effizienzhaus-Plus

Bewertungsindikator:

Jahres-Primärenergiebedarf und Jahres-Endenergiebedarf

Bewertungsgröße:

Es muss sowohl ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf ($\Sigma Q_p < 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) als auch ein negativer Jahres-Endenergiebedarf ($\Sigma Q_e < 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) vorliegen.

Bewertungsmethode:

erweiterter EnEV-Nachweis mittels Primärenergiebedarf nach DIN V 18599 (Energetische Bewertung von Gebäuden), Ausgabe 2011, zuzüglich normiertem Beleuchtungs- und Haushaltsgeräteenergiebedarf und abzüglich netzeingespeister, innerhalb der Bilanzgrenze erzeugter, regenerativer Energieüberschüsse.

Bilanzgrenze:

Grundstücksgrenze

Nachweisstandort:

mittleres deutsches Klima gemäß EnEV

Nebenanforderung:

Haus ist durchgängig mit Geräten des höchsten Energieeffizienzlabels und intelligenten Zählern auszustatten.

Auszuweisende Zusatzinformationen:

Der pauschalierte „Erneuerbare Energien-Eigennutzungsgrad“ der auf dem Grundstück gewonnenen erneuerbaren Energien (selbstgenutzte Energie / geerntete Energie).

Die Plus-Energie-Häuser der TU Darmstadt (Prof. Hegger)



Solar Decathlon Gewinner 2007



Solar Decathlon Gewinner 2009

Die Bausteine: Energieeffizienz und Erneuerbare Energien

Das Effizienzhaus-Plus fußt gegenüber herkömmlicher Bauweise auf den 3 Säulen:

- Energieeffizienz des Gebäudes bestmöglich steigern
- Energiebedarf der Haushaltsprozesse so weit wie möglich senken
- Erneuerbare Energien zur Restdeckung verwenden

Da bei diesem Hauskonzept die Summe aller im Haus benötigten Energiemengen über erneuerbare Energien ausgeglichen werden muss, die im räumlichen Umfeld des Gebäudes erschlossen werden können, ist die Bedarfsmenge an Energie über eine deutlich verbesserte Energieeffizienz bestmöglich zu reduzieren.

Die Energieeffizienz lässt sich über den Gebäudeentwurf (kompakter Gebäudekörper, optimale Orientierung), über den Wärmeschutz (hocheffiziente Fenster und Wärmeschutzsysteme für die Gebäudehülle), über optimierte Verarbeitung (wärmebrücken(zuschlags)freie und luftdichte Konstruktionen und Bauteilanschlüsse) sowie energiebewusstes Wohnerverhalten (Verbrauchsvisualisierung, Smart Metering) senken. Gleichzeitig erhöht sich durch die bedarfssenkenden Maßnahmen in aller Regel der Nutzungskomfort, da die hierbei entstehenden warmen Oberflächen eine höhere Behaglichkeit in den Räumen erzeugen.

Die Energieeffizienz lässt sich weiterhin erhöhen durch niedrige Systemtemperaturen (und

damit verbundene niedrige Wärmeverluste) in der Heizanlage, kurze Leitungslängen bei Heiz-, Warmwasser und Lüftungsanlagen (und damit verbundene niedrigere Wärmeverluste und geringere Antriebsenergien für Pumpen und Ventilatoren), durch Wärmerückgewinnungssysteme in der Lüftung und in den Abwassersystemen, durch hydraulischen Abgleich in allen Anlagen (und damit verbundenen geringeren Antriebsenergien für Pumpen und Ventilatoren), mit bedarfsgesteuerten Heiz- und Lüftungssystemen (und einer damit vermiedenen Überversorgung der Räume mit Frischluft und Heizwärme), mit Haushaltsgeräten höchster Energieeffizienz (A++) und mit effizienter Raumbelichtung (LED oder Energiesparlampen in Verbindung mit Bedarfskontrollsystemen).

Die erneuerbaren Energien lassen sich aktiv und passiv im Gebäude erschließen. Völlig kostenfrei können die passiven Solargewinne über die Fenster einerseits zur Reduzierung des Heizenergiebedarfs und andererseits zur Reduzierung des Lichtbedarfs durch Tageslichtnutzung genutzt werden. Aktiv lassen sich erneuerbare Energien über thermische Solarkollektoren, biogene Brennstoffe, Geothermie oder Umweltwärme erschließen. Das „Plus“ in das Gebäude bringen schließlich stromerzeugende Systeme wie Photovoltaik- oder Windkraftanlagen, die produzierte Überschüsse im Gebäude speichern und darüber hinausgehende ins Netz der Energieanbieter einspeisen.

Die energetischen Säulen eines Effizienzhaus-Plus



Schlüsselparameter: Gebäudeentwurf

Schon im frühen Entwurfsstadium eines Gebäudes werden die Weichen zum energie- und flächensparenden, ökologischen und ökonomischen Bauen gestellt. Den folgenden drei Aspekten gilt aus Sicht des Gebäudeentwurfs besondere Aufmerksamkeit:

Kompaktheit

Freistehende Einfamilienhäuser haben bei vergleichbarem Dämmstandard im Schnitt einen erheblich höheren wohnflächenbezogenen Heizenergiebedarf als Doppel-, Reihen- oder Mehrfamilienhäuser. Dies lässt sich durch das erhöhte Hüllflächen-Volumenverhältnis (A/V-Wert) erklären. Dieser Zahlenwert gibt an, wie groß die wärmetauschende Hüllfläche des beheizten Anteils eines Gebäudes im Verhältnis zu dem davon umschlossenen Volumen ist. Dachformen sind mit Rücksicht auf die Kompaktheit einfach zu wählen, auf Gauben und Erker ist, wegen deren Oberflächenerhöhung und des meist schlechteren Wärmeschutzes möglichst zu verzichten.

Orientierung

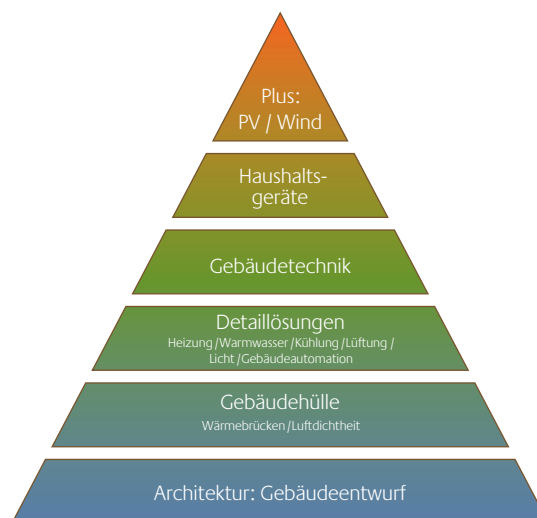
Die optimierte Nutzung der Sonnenenergie durch Fenster setzt eine möglichst große nach Süden orientierte Fläche voraus. Süddachneigungen von ca. 30° ermöglichen ganzjährig optimale Wirkungsgrade für Warmwasserkollektoren oder Photovoltaik. Bei ganz flachen Neigungen können sogar Norddächer für Photovoltaiksysteme erschlossen werden.

Gebäudezonierung

Geringer beheizte Räume, wie Elternschlafräume und Küche, sollten nach Norden orientiert sein. In direkt besonnten Räumen ist das Temperaturbedürfnis geringer ausgeprägt als in verschatteten Räumen. Die Räume sollten im Grundriss möglichst so angeordnet werden, dass die Trennwandfläche zwischen den beheizten und den unbeheizten Zonen gering gehalten wird. Diese gebäudeinternen Wärmeverluste können erheblich die Wärmeverluste beeinflussen.

Energetische Entwurfseinflüsse

- Kompaktheit
- Orientierung
- Gebäudezonierung
- Wärmeschutzmaßnahmen
- Lüftungskonzept
- Heizkonzept



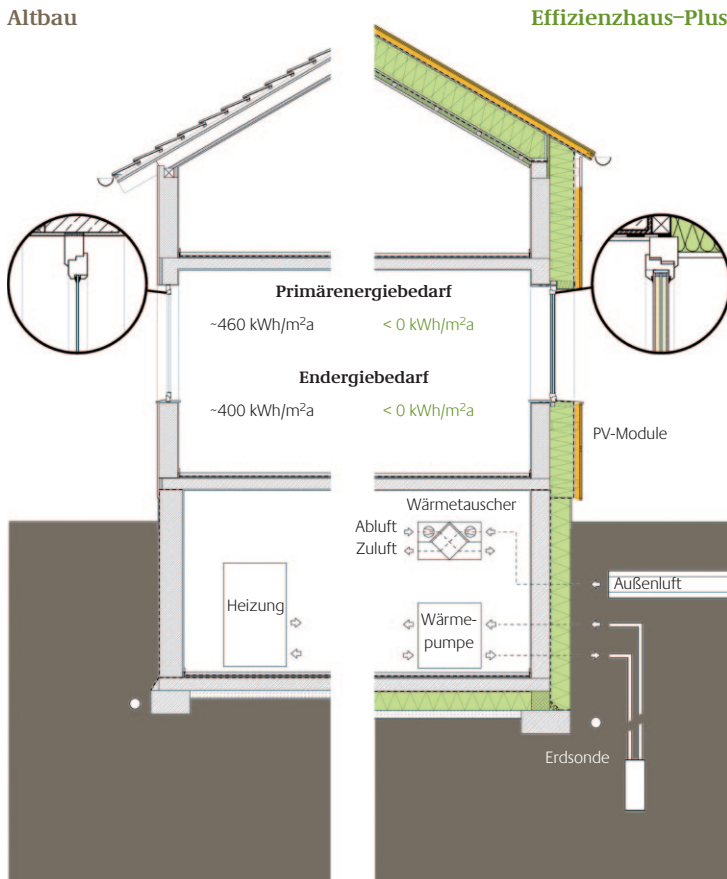
Die Anlagentechnik ins Zentrum rücken:

Die Grundrissgestaltung sollte erlauben, dass der Heizraum/Technikraum möglichst zentral im Gebäude angeordnet ist, um die Wärmeverluste des Wärmeerzeugers und der Speicher in der beheizten Zone direkt nutzen zu können und kurze Leitungswege zwischen Solarkollektoren und Speicher sowie ggf. kurze Abgasleitungen zu ermöglichen. Ebenfalls sollten die Versorgungsschächte zentral im Gebäude im beheizten Bereich angeordnet sein, um die Verteilungen kurz und die Wärmeverluste gering zu halten.

TIPP:

Eine bessere Kompaktheit zahlt sich gleich doppelt aus, denn die Reduzierung des A/V-Wertes um $0,1 \text{ m}^{-1}$ erbringt in der Regel eine Verminderung des Heizenergiebedarfs von bis zu $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und gleichzeitig eine Reduzierung der Baukosten von 50 bis 80 €/m². Insbesondere sind Erker und Gauben zu überdenken.

Schlüsselparameter: Gebäudehülle



Beispielhafter Aufbau der Konstruktion und der Wärmeversorgung sowie Angabe des Energiebedarfs eines Effizienzhauses-Plus im Vergleich mit einem etwa 50 Jahre alten Altbau. (Quelle: Hauser)

Die Qualität des baulichen Wärmeschutzes bestimmt im Wesentlichen den Heizwärmebedarf eines Gebäudes. Etwa 50 bis 75 % der Wärmeverluste eines durchschnittlichen Gebäudes resultieren aus den Transmissionswärmeverlusten der Gebäudehülle. Das Einsparpotenzial über wärmedämmende Außenbauteile ist somit erheblich und hat sich als die verlässlichste Maßnahme zur Heizenergie-reduktion herausgestellt. Ohne einen hochwertigen Wärmeschutz ist kein Effizienzhaus-Plus realisierbar.

Dächer

Die Dachflächen von Gebäuden sind die Bauteile, die den größten thermischen Ansprüchen ausgesetzt sind, da sie in klaren Winternächten mit dem um über 50 °C kälteren Weltraum im Strahlungsaustausch stehen und im Sommer die extremste solare Belastung aller Bauteile erfahren. Daher werden sie in aller Regel als die höchstgedämmten Bauteile des Gebäudes ausgeführt.

Außenwände

Im Außenwandbereich haben sich vielfältige Bauweisen über Jahrzehnte entwickelt und bewährt. In den letzten 50 Jahren konnte der Wärmeschutz der Außenwände bei vergleichbarer Konstruktionsdicke um den Faktor 10 verbessert werden. Sowohl innovative monolithische Außenwände als auch mehrschichtige Bauteile können in Effizienzhäusern-Plus zum Einsatz gelangen.

Fenster

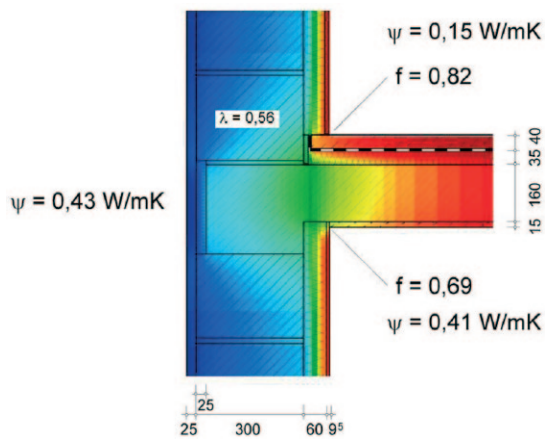
Das geringste Dämmniveau aller Außenbauteile weist in der Regel das Fenster auf. Es lassen sich hiermit allerdings auch erhebliche Solargewinne erzielen, so dass bei sinnvoller Fensteranordnung und -orientierung die passiven Solargewinne dieser Bauteile deren Wärmeverluste voll ausgleichen können. Moderne, 3-Scheiben-verglas-te Fenster weisen üblicherweise U-Werte von 0,9 W/m²K und darunter auf.

Kellerdecken/Bodenplatten

Die Temperaturdifferenz über eine Bodenplatte zum Erdreich ist im Jahresmittel etwa nur halb so groß wie die an außenluftberührten Bauteilen. Dies bewirkt eine geringere Effizienz wärmeschutztechnischer Maßnahmen in diesen Bauteilen.

TIPP:
 Investitionen in die Gebäudehülle sind langfristige Entscheidungen. Daher sollten sie von besonders hoher Qualität sein.

Lösungen bis ins Detail



Der **Einfluss einer Wärmebrücke** auf die Temperatur- und Wärmestromverhältnisse in einer Konstruktion kann detailliert berechnet werden (Quelle: Hauser).

Spanne der längenbezogenen **Wärmebrückenverlustkoeffizienten** üblicher Bauteilanschlüsse: Zwischen der wärmebrückenminimierten Ausführung (minimal) und der Standardausführung (maximal) liegen erhebliche Einsparpotenziale, die im Rahmen der Planung von Effizienzhäusern-Plus erschlossen werden müssen.

Wärmebrücken vermeiden

Die zusätzlichen Energieverluste von Wärmebrücken lassen sich mittels des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten ψ [W/mK] errechnen. Der Einfluss der Wärmebrücken auf den Heizwärmebedarf lässt sich nach Kenntnis der Wärmebrückenverlustkoeffizienten leicht berechnen. Die zusätzlichen Wärmeverluste über die Wärmebrücken liegen zwischen 0 % bei optimierter Ausführung und etwa 25 % bei Minimalkonzeption. Daraus ergibt sich für ein Einfamilienhaus mit 150 m² beheizter Wohnfläche ein Heizwärmemehrbedarf je nach Ausführungsvariante bis zu 1.500 kWh/a. Eine strikte Prüfung der Ausführung ist dringend erforderlich, da häufig eine unzureichende Umsetzung gut geplanter Anschlussdetails zu energetischen Schwachstellen führt.

Luftdicht bauen

Neben dem in der Regel über Fensteröffnen oder über mechanische Lüftungsanlagen sicherzustellenden Luftwechsel ergibt sich ein unkontrollierter zusätzlicher Infiltrationsluftwechsel über Bauteilfugen, Undichtheiten in der Gebäudehülle etc. Dieser liegt zwischen 0,1 h⁻¹ bei sehr dichten und über 0,3 h⁻¹ bei weniger dichten Gebäuden. Dieser Zuschlag ist vom Potenzial her vergleichbar den Wärmebrückeneinflüssen (ca. 10 kWh/m²a). Zum Erzielen einer luftdichten Gebäudehülle ist möglichst schon in der Entwurfsphase – aber allerspätestens im Rahmen der Detailplanung – unbedingt ein Luftdichtheitskonzept zu erstellen. Die luftdichte Hülle muss das gesamte beheizte Volumen vollflächig umschließen, im Geschosswohnungsbau möglichst jede einzelne Wohneinheit für sich selbst, um hier über Treppenhäuser, Versorgungsschächte etc. Leckagen auszuschließen. Insbesondere ausgebaute Dachgeschosse mit Pfettendach und Kehlgebälk sind aufgrund der Vielzahl der konstruktionsbedingten Durchstoßpunkte zu beachten. Während der Bauausführung ist darauf zu achten, dass nach Fertigstellung der Luftdichtheitsschicht keine Lecks durch Folgearbeiten entstehen.

TIPP:
Wärmebrücken und Luftdichtheit haben je ein Einsparpotenzial wie Lüftungsanlagen und Solaranlagen (> 10 kWh/m²a).

Bauteilanschluss	Längenbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient ψ [W/mK]	
	minimal	maximal
Außenwanddecke	-0,30	-0,07
Fensteranschluss-Leibung	0,06	0,12
Fensteranschluss-Brüstung	0,13	0,20
Fensteranschluss-Sturz	0,06	0,25
Geschossdeckenaufleger	0,00	0,15
Kellerdeckenaufleger	-0,14	0,20
Dachanschluss-Traufe	-0,20	0,11
Dachanschluss-Ortgang	-0,03	0,10

Schlüsselparameter: Gebäudetechnik

Effizienzhäuser-Plus lassen sich bautechnisch vielfältig realisieren und dies gilt auch für deren Gebäudetechnik. Entscheidend ist, dass die eingesetzten Anlagen für die zu leistende Aufgabe (Bereitstellung von Raumwärme und ggf. -kälte, Warmwasser, Frischluft und Licht) möglichst wenig Energie benötigen.

Heizung

Die Wärmeverluste bei der Wärmeerzeugung können leicht die gleiche Größenordnung annehmen wie der von der Heizung zu deckende Raumwärmebedarf. Daher ist eine gewissenhafte Planung sehr wichtig, um den Energiebedarf gering zu halten. Die Temperaturen im Verteilnetz sollten möglichst niedrig ($< 35 \text{ }^\circ\text{C}$) sein. Eine häufige Form der Umweltwärme-Nutzung für Heizzwecke erfolgt mittels Wärmepumpen, die die im Erdreich, Grundwasser oder der Umgebungsluft enthaltene Wärmeenergie nutzbar machen. Eine andere Form der Erschließung von erneuerbaren Energien findet man in der Nutzung biogener Brennstoffe (Biomasse, Bioöl oder Biogas). Ein besonderes Augenmerk sollte man auch auf die Minimierung der erforderlichen Antriebsenergie richten.

Warmwasser

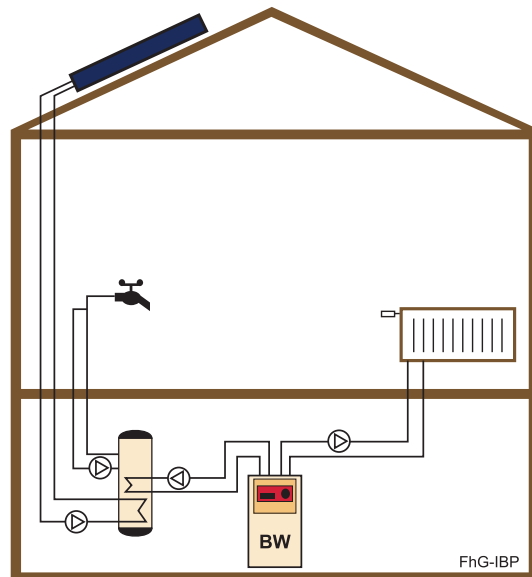
Der Energiebedarf zur Warmwassererzeugung liegt in der gleichen Größenordnung wie der zu deckende Raumwärmebedarf. Durch Zirkulationsleitungen kann der Energiebedarf leicht mehr als verdoppelt werden. Daher empfiehlt es sich, den Warmwasserbereiter/-speicher nahe den Zapfstellen zu positionieren, um auf die Zirkulation verzichten zu können, oder die Zirkulation mit einer Zeitschaltung zu versehen. Die solare Warmwasserbereitung ist inzwischen ausgereift und arbeitet zuverlässig. Hiermit lassen sich bis zu zwei Drittel des Energiebedarfs für Warmwasser einsparen.

Kühlung

Ein guter (klimagerechter) Entwurf, in Verbindung mit geeigneten Verschattungsvorrichtungen, macht mechanische Kühlanlagen für Wohngebäude in Deutschland überflüssig. Geeignete passive Maßnahmen (z. B. Nachtlüftung, Bauteilaktivierung oder die Verwendung von Phasenwechselmaterialien in Dachgeschossen) können die sommerlichen Temperaturen in Gebäuden noch behaglicher machen.



Umweltwärmenutzung mittels Wärmepumpe und Erdwärmesonde (Quelle: www.iwr.de)



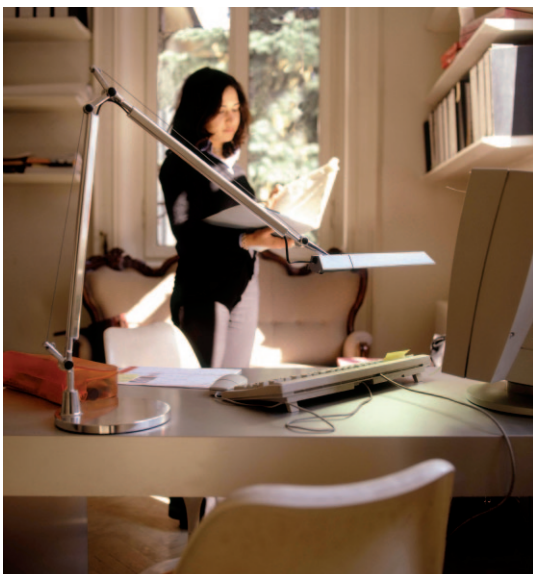
Schematische Darstellung einer Heizanlage mit solarer Warmwasserbereitung

TIPP:

Achten Sie darauf, dass bei Ihrer Heizungsanlage ein hydraulischer Abgleich durchgeführt wurde (Einsparpotenzial $> 10 \%$ möglich).



LED-Beleuchtungen im Wohnbereich
(Quelle: www.nimbus-group.com)



Wer sich weitestgehend nach den Regeln der Profis richtet, profitiert auch am heimischen Schreibtisch von gutem Licht (Quelle: licht.de)

TIPP:

Überprüfen Sie die Anschlussleistung Ihrer Lüftungsanlage, sie sollte je Wohneinheit möglichst unter 50 W betragen. Jedes zusätzliche Watt Leistung erfordert etwa 10 kWh elektrische Energie im Jahr.

Lüftung

Kontrollierte Wohnungslüftungseinrichtungen mit Wärmerückgewinnungssystemen können die Lüftungswärmeverluste erheblich reduzieren. Wärmerückgewinnungsgrade von über 80 % sind heute bei modernen Anlagen keine Seltenheit mehr. Allerdings steigt in aller Regel mit steigendem Rückgewinnungsgrad der Stromverbrauch für die Ventilatoren. Mechanische Lüftungen müssen daher sehr genau projektiert werden, da sonst in ungünstigen Fällen der Energieverbrauch der Ventilatoren, z. B. bei verwinkelter Rohrführung und ungeeigneten Rohrquerschnitten, die Energiegewinne übersteigen kann.

Beleuchtung

Effizienter als Glüh- und Halogenlampen sind Kompaktleuchtstofflampen mit integrierten Vorschaltgeräten und LED-Lampen. Während bei Glühlampen nur etwa 5 % des eingesetzten Stroms in Licht und über 95 % in Wärme umgewandelt werden, steigt die Lichtausbeute bei Kompaktleuchtstofflampen und LED-Lampen gegenüber Glühlampen um das 4 bis 5-fache. Helle Raumbooberflächen führen zu einer besseren Raumausleuchtung und somit zu einem geringeren Energiebedarf als dunkle Oberflächen. Die Oberflächengestaltung kann einen vergleichbar großen Einfluss auf den Energieverbrauch der Beleuchtung haben wie die Wahl des Leuchtentyps. Als besonders effektiv wirken sich darüber hinaus arbeitsplatzbezogene Beleuchtungslösungen (Küche, Arbeitszimmer) aus. Hierbei werden nur die betroffenen Bereiche eines Raumes mit den für die Tätigkeit erforderlichen hohen Beleuchtungsstärken versorgt (z. B. Leselampe) und die restlichen Flächen mit geringeren. Daneben ist es sinnvoll, über Lichtmanagementsysteme (z. B. Präsenzerfassung) in Hausfluren, Kellern und bei der Außenbeleuchtung nachzudenken.

Gebäudeautomation / Smart Metering

Intelligente Zähler bieten die Möglichkeit eines besseren Informations- und Kostenüberblicks für den Nutzer und daher eine Sensibilisierung für den Stromverbrauch im Haushalt. Sie sollten in einem Effizienzhaus-Plus zum Standard gehören. Darüber hinaus etablieren sich Gebäudeautomationssysteme in der letzten Zeit am Markt. Ein hausinternes (Funk-)Netzwerk verbindet hierbei Haushaltsgeräte mit einer zentralen Steuereinheit und ermöglicht darüber hinaus eine intelligente Heizungssteuerung. Einspareffekte sind hierbei jedoch eher dem Komfortgewinn untergeordnet.

Schlüsselparameter: Haushaltsgeräte

Der mittlere Stromverbrauch der ca. 40 Mio. deutschen Haushalte für Haushaltsprozesse und Beleuchtung (ohne Heizung und Warmwasserbereitung) beträgt derzeit ca. 2.650 kWh pro Jahr (30 kWh/m²a), mit leicht steigender Tendenz³. Hiervon entfallen etwa 33 % auf Haushaltsprozesse (Kochen, Trocknen, Bügeln), etwa 10 % auf Beleuchtung und die restlichen 57 % auf Haushalts- und Kommunikationsgeräte. Etwa 13 % der Stromverbräuche der Haushalte entfallen auf Stand-by-Verluste, die im Wesentlichen im Bereich der Haushalts- und Kommunikationsgeräte auftreten.

Haushaltsgeräte

Neben guten Gebrauchseigenschaften sind insbesondere ein niedriger Energie- und auch Wasserverbrauch wichtige Entscheidungskriterien für die Auswahl eines Elektrogerätes. Das Energielabel (auch: Energieetikett, EU-Label, Energylabel) informiert seit 1996 genau darüber. Diese Verbraucherinformation ist gesetzlich vorgeschrieben und in Deutschland geregelt durch das Gesetz zur Energieverbrauchskennzeichnung (EnVKV). Den größten Verbrauch aber auch das größte Einsparpotenzial verzeichnen die Wäschetrockner, gefolgt von den Kühl- und Gefriergeräten.

Stand-by-Verbräuche

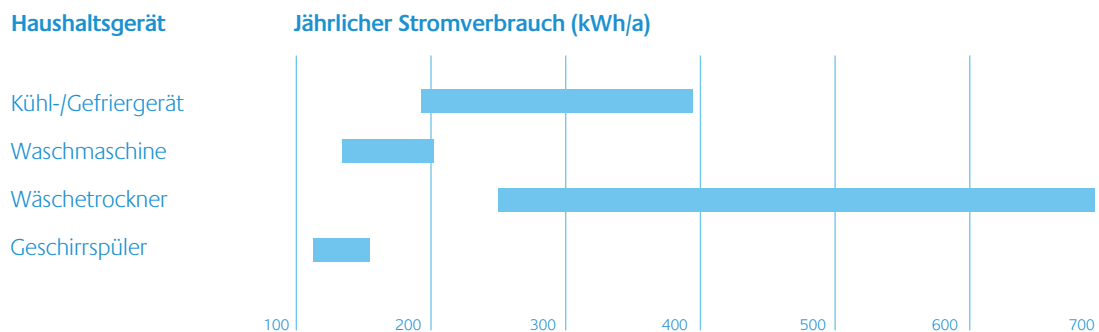
Als Stand-by-Verbrauch wird der Stromverbrauch im Bereitschaftsbetrieb bezeichnet, also ein Stromverbrauch, der anfällt, ohne dass das Gerät benutzt wird. Beim Stand-by-Verbrauch gilt das Motto: „Die Summe macht’s“. Jedes Gerät für sich fällt kaum ins Gewicht, alle zusammen aber schon. Durch die konsequente Vermeidung von Stand-by-Verbräuchen lassen sich jährlich bis zu 350 kWh Strom in Haushalten einsparen.

Für folgende Haushaltsgeräte gilt die Kennzeichnungspflicht:

- Kühl- und Gefriergeräte
- Waschvollautomaten
- Wäschetrockner
- Waschtrockner
- Geschirrspüler
- Elektrische Backöfen

³ Statistisches Bundesamt Deutschland; Pressemitteilung vom 18. Oktober 2010

Spanne der Stromverbräuche ausgewählter Haushaltsgeräte: Toprunner 2010 im Vergleich zu Normalgeräten 2000



(Quelle: www.stromeffizienz.de)

TIPP:

Haushalte, die mit hocheffizienten Haushaltsgeräten (Toprunner) und Beleuchtungssystemen ausgestattet sind, verbrauchen nur etwa 50 % der Strommenge, die vergleichbare Haushalte mit normaler Geräteausstattung benötigen.

So kommt das „Plus“ ins Effizienzhaus

Um ein Effizienzhaus-Plus zu realisieren, muss man erneuerbare Energiegewinnsysteme einbinden. Dies sind in der Regel Photovoltaik- oder kleine Windkraftanlagen. Alternativ können auch überschüssige Wärmegewinne aus Abwärme oder thermischen Solaranlagen, die in Nah- oder Fernwärmesysteme eingespeist werden, als Energiegutschriften in Bezug genommen werden.



Kleine Windkraftanlagen können in windreichen Gegenden zur Eigenstromdeckung verwendet werden (Quelle: Fraunhofer-IBP)

Photovoltaik

Die heutzutage mit marktgängigen Solarzellen in der Photovoltaik erzielbaren Wirkungsgrade reichen von wenigen Prozenten bis zu etwa 25 %. Dünnschichtmodule auf Basis von amorphem Silizium erzielen derzeit Wirkungsgrade zwischen 5 und 13 %, Solarzellen aus polykristallinem Silizium zwischen 13 und 18 %, Zellen aus monokristallinem Silizium zwischen 14 und 24 %. Entscheidend bei der Leistungsermittlung sind die Belüftung und die Packungsdichte der Module. Die Packungsdichte ist das Verhältnis zwischen der Oberfläche der PV-Zellen und der Gesamtoberfläche des Laminats, in das die Zellen eingebettet sind (exklusive der Randeinbindung). Übliche Produkte haben eine Packungsdichte von 0,9. Der Systemleistungsfaktor beschreibt das Verhältnis zwischen Nutzertrag und Sollertrag einer Anlage. Er gibt an, wie viel von dem theoretisch möglichen Stromertrag tatsächlich zur Nutzung bereitsteht, einschließlich der Verluste durch die Umwandlung im Wechselrichter, die Länge der Stromleitungen, Verschattungen und ggf. weitere Faktoren. Der Systemleistungsfaktor einer Photovoltaikanlage sollte im Allgemeinen einen Wert von mindestens 70 % erreichen. Optimierte Systeme erreichen Werte bis zu 90 %. In Deutschland installierte Anlagen liefern nach dem aktuellen Stand der Technik einen Jahresertrag von etwa 700 bis 1.100 kWh pro kW_p.

Windkraftanlagen

Im urbanen Raum sind im gebäudenahen Bereich Windkraftanlagen eher selten sinnvoll. Kleine Windkraftanlagen dienen primär der Deckung Ihres Eigenstrombedarfs und sind auch nur dann wirtschaftlich! Die Erteilung einer Baugenehmigung ist in der Regel an den Nachweis gebunden, dass Sie mindestens 50 % des Jahresertrags selbst verbrauchen.

TIPP:

Lassen Sie sich vom Installateur eine feste Zusage des Systemleistungsfaktors Ihrer Photovoltaikanlage geben. Dies ist üblich gegenüber Investoren und Banken.

Energie ist nicht das einzige Plus: Ein paar Fakten

Die vielfältigen Aufgaben werden durch zahlreiche Komponenten und Systeme erfüllt, die im Allgemeinen für sich beurteilt, gekennzeichnet und optimiert werden. Dabei entstehen häufig nur Teilloptima mit widersprüchlichen Aussagen.

Daneben hat das Bauwesen die größten Auswirkungen auf das langfristige Handeln einer Gesellschaft, da hier die größten Energieverbräuche und Massenströme entstehen, die Produkte (Baumaterialien und -elemente sowie Gebäude) extrem langlebig sind und somit über eine lange Zeit auf Umwelt und Gesellschaft einwirken. Als Konsequenz muss eine ganzheitliche Betrachtung und Wertung unter Einbeziehung aller Aspekte erfolgen – eine Nachhaltigkeitsbewertung.

Effizienzhäuser-Plus haben nicht primär die Aufgabe, als „Minikraftwerk“ Energie zu gewinnen, vielmehr sollen sie wie alle Gebäude

a) den Nutzern Schutz bieten vor

- Menschen und Tieren (Sicherheitsbedürfnis)
- Brand aus der Nachbarschaft und dem eigenen Bereich
- Feuchte in Form von Niederschlag, Tauwasser- und Schimmelpilzbildung, Frosteinwirkungen sowie Quell- und Schwindvorgängen
- Kälte bei tiefen Außentemperaturen
- Wärme bei hochsommerlichen Bedingungen bzw. hohen internen Wärmelasten
- Schall aus dem Außenbereich und aus benachbartem fremden oder eigenen Wohn- und Arbeitsbereich
- elektrischen Feldern und Radioaktivität
- Blendung durch direkte oder reflektierte Sonneneinstrahlung

b) einen definierten Komfort bereitstellen

- Licht – wobei ein möglichst hoher Tageslichtanteil und eine Kunstlichtversorgung mit hoher Energieeffizienz anzustreben ist
- Wärme – um Behaglichkeit bei tiefen Außentemperaturen sicherzustellen
- Kälte – zur Vermeidung von Überhitzungen
- Feuchte – insbesondere bei nutzungsbedingten Anforderungen
- Frischluft – gemäß Angebot oder konditioniert
- Raumakustik – zur Gewährleistung einer ausreichenden Sprachverständlichkeit bzw. dem gewünschten Hörempfinden von Musik

c) die Abfuhr ermöglichen von

- Schadstoffen aus Baustoffen und aus der Nutzung
- Feuchte aus der Bauerstellung und der Nutzung

Zur Nachhaltigkeit von Effizienzhäusern-Plus

„Nachhaltigkeit ist die Konzeption einer dauerhaft zukunftsfähigen Entwicklung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Dimension menschlicher Existenz. Diese drei Säulen der Nachhaltigkeit stehen miteinander in Wechselwirkung und bedürfen langfristig einer ausgewogenen Koordination“ – so die gängigste Definition der Nachhaltigkeit der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“. Nachhaltigkeit beinhaltet damit alle Aspekte unseres Handelns.

Die deutsche Methodik der Bewertung des Nachhaltigen Bauens berücksichtigt die Belange:

- Ressourcenschutz
- Erhaltung der natürlichen Umwelt
- Sicherung und Erhalt von Werten
- Verbesserung des Umfeldes und Schutz der öffentlichen Güter
- Gesundheit und Behaglichkeit von Gebäudenutzern

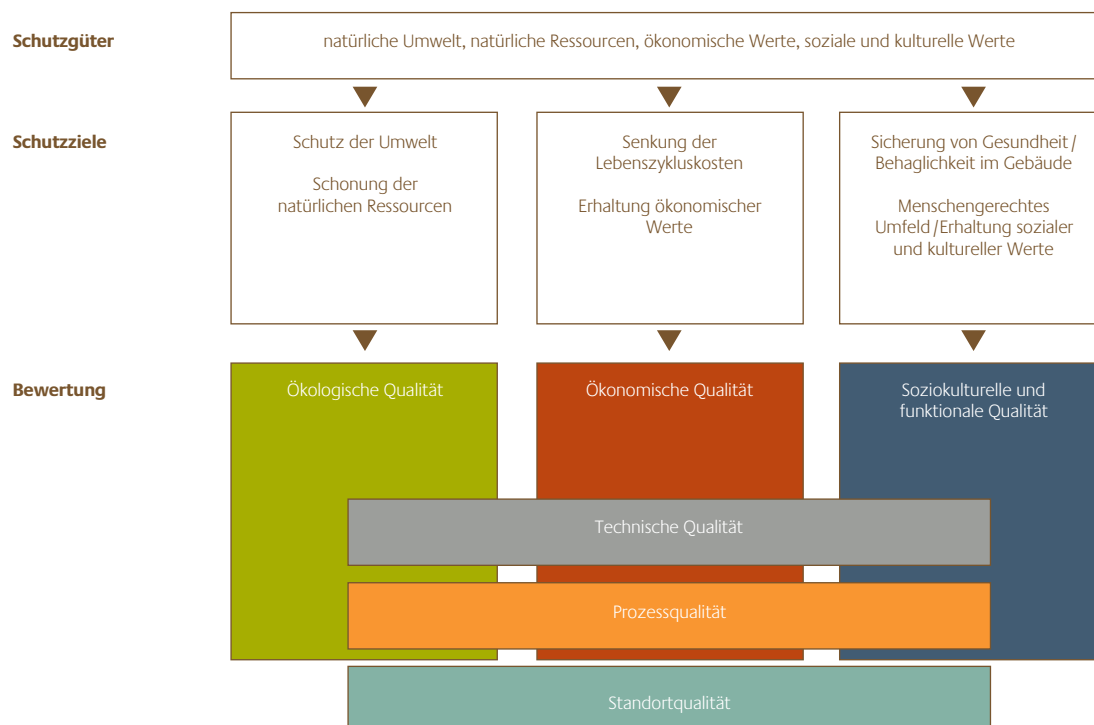
Hauptkriterien für die Bewertung der Nachhaltigkeit sind:

- ökologische Qualität
- ökonomische Qualität
- soziokulturelle und funktionale Qualität

Zusätzlich gehen folgende Kriterien in das Zertifikat ein:

- Qualität der technischen Ausführung
- Prozessqualität
- Standortqualität (informativ)

Die Bewertung drückt sich in einer Gesamtnote aus und die Gebäude erhalten als Nachweis Plaketten in den Qualitäten Gold, Silber oder Bronze.



Struktur des deutschen Systems zur Kennzeichnung der Nachhaltigkeit (Quelle: Hauser)

Kennwerte für ein Beispielhaus

Am Beispiel eines durchschnittlichen Einfamilienhauses wird im Folgenden dargestellt, wie vielfältig Sie ein Effizienzhaus-Plus realisieren können. Das Gebäude repräsentiert von der Größe her den Mittelwert aller realisierten Einfamilienhäuser in Deutschland seit 1990. Die Gebäudeform und Raumaufteilung ist exemplarisch gewählt, im Baugeschehen gibt es hier eine große Vielfalt

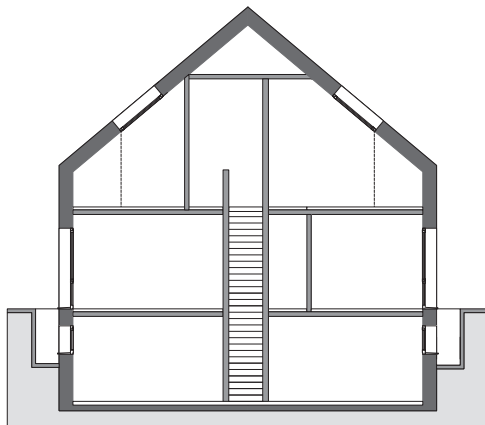
Kennwerte

Wohnfläche: 108 m²
Dachfläche Süd: 71 m²

U-Werte

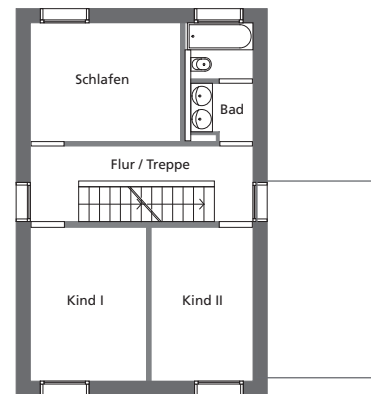
- Außenwand: 0,11 W/m²K
- Dach: 0,11 W/m²K
- Oberste Geschossdecke: 0,11 W/m²K
- Kellerdecke: 0,12 W/m²K
- Fenster: 0,80 W/m²K
- Dachfenster: 1,20 W/m²K

Typgebäude Einfamilienhaus ⁴

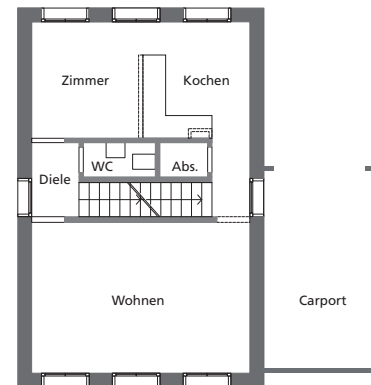


Schnitt

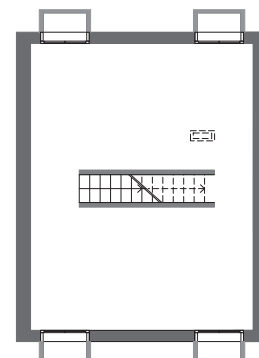
Dachgeschoss



Erdgeschoss



Keller



⁴ Die Grundrisse stammen von Luis Ocanto-Arciniegas, Ourstudio, Dortmund

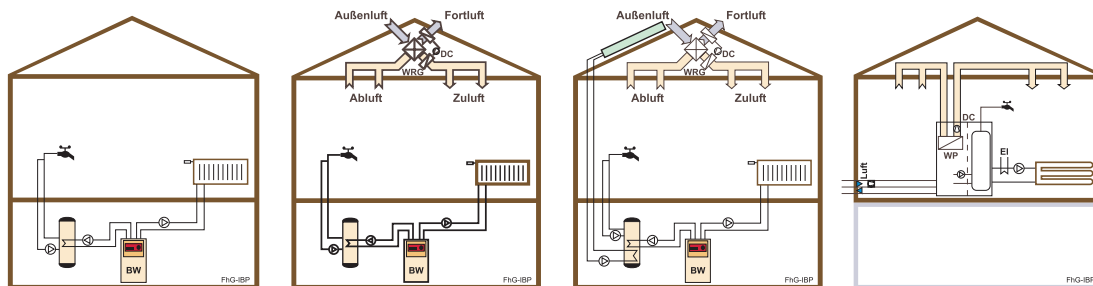
Untersuchte Varianten

Das untersuchte Typgebäude wurde exemplarisch mit vier verschiedenen Anlagentechniken ausgerüstet. Hierfür wurde in der unteren Tabelle errechnet, wie groß eine zu installierende Photovoltaikfläche sein muss, um hieraus ein Effizienzhaus-Plus zu machen.

Während das konventionell ausschließlich mit einem Brennwertkessel ausgestattete Gebäude eine Photovoltaikfläche von 91 m² benötigt (was die verfügbare Dachfläche übersteigt), braucht das gleiche Gebäude mit einer effizienten Wohnungslüftungsanlage nur noch 79 m² Photovoltaikfläche (was nahezu an südlicher Dachfläche zur Verfügung stehen würde). Die Varianten 2

(Brennwertkessel, Wohnungslüftung und solare Warmwasserbereitung) und 3 (Luftwärmepumpe und Wohnungslüftung) benötigen nur noch 60 bzw. 42 m² Photovoltaikfläche, die auf dem Süddach ausreichend zur Verfügung steht.

Die Vergleichsrechnungen zeigen, dass ein sehr energieeffizientes Gebäude erforderlich ist, um in Ergänzung mit photovoltaischen Systemen ein Effizienzhaus-Plus zu realisieren. Weder die alleinige Installation von Photovoltaiksystemen, noch die alleinige Realisierung eines energieeffizienten Gebäudes genügen zur Zielerreichung. Erst die Kombination aller Maßnahmen führt zum gewünschten Effizienzhaus-Plus.



Variante 0:
Brennwertkessel,
Fensterlüftung

Variante 1:
Brennwertkessel, Wohnungslüftung mit 80 % Wärmerückgewinnungsgrad

Variante 2:
Brennwertkessel, Wohnungslüftung mit 80 % Wärmerückgewinnungsgrad, solare Warmwasserbereitung

Variante 3:
Außenluft/Abluftwärmepumpe, Wohnungslüftung mit 80 % Wärmerückgewinnungsgrad

Variante	Ohne Berücksichtigung von Photovoltaik					Benötigte Photovoltaikfläche [m ²]	Mit Berücksichtigung von Photovoltaik	
	Endenergiebedarf [kWh/m ² a]				Primärenergiebedarf (ohne PV) [kWh/m ² a]		Endenergiebedarf [kWh/m ² a]	Primärenergiebedarf [kWh/m ² a]
	Heizung und WW	Hilfsenergie	Haushalt und Licht	Gesamt				
0 Brennwertkessel, Fensterlüftung	65,2	3,4	20,0	85,7	134,6	91	-0,1	-100,0
1 Wie 0 + Lüftung (80 % WRG)	48,6	5,7	20,0	74,3	122,6	79	-0,2	-79,4
2 Wie 1 + solare Warmwasserbereitung	30,2	6,0	20,0	56,2	103,2	60	-0,4	-48,7
3 Wie 1; jedoch Luft-Wärmepumpe	12,5	6,9	20,0	39,4	104,6	42	-2,1	-1,6

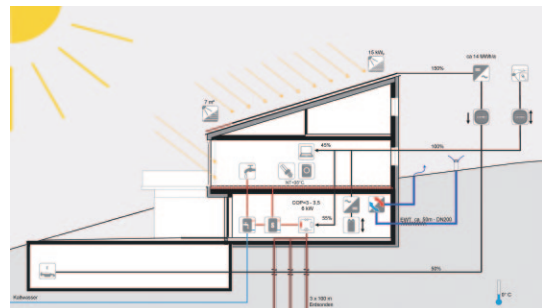
Realisierte Vielfalt

In den letzten Jahren griffen ambitionierte Architekten und Bauherren das Thema Plusenergie verstärkt auf und realisierten Prototypen als Leuchttürme für diese Bauweise.

Hier beispielhaft das Wohnhaus von Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch mit 267 m² Wohnfläche.



Der Jahresenergiebedarf des „Nur Stromgebäudes“ (inkl. aller Haushaltgeräte) wurde mit rd. 9.500 kWh/a ermittelt. Die Wärmeerzeugung des Gebäudes übernimmt eine elektrische Wärmepumpe (2,2 bis 3,5 kW_{el}), die als Energiequelle drei vertikale Erdsonden mit je 100 m Länge nutzt. Zur aktiven Solarenergienutzung ist das um 18 Grad südgeneigte Pultdach flächendeckend mit einer Photovoltaikanlage (ca. 15 kW_p, ca. 14.500 kWh/a) sowie einer solarthermischen Anlage (ca. 7 m² hocheffiziente Flachkollektoren) ausgestattet. Ein intelligentes Stromlastmanagement steuert den Betrieb der Wärmepumpe, das Be- und Entladen der Hochleistungs-Bleibatterieanlage (7/20 kWh) und hat Verbindung zu allen gebäudeinternen Stromverbrauchern, damit der von der PV-Anlage gelieferte Strom möglichst direkt (Ziel über 50 %) genutzt werden kann. Weiterhin wird der überschüssige Strom zum Beladen der Batterie des E-Rollers und des E-PKW (10 kWh Li-Ion) genutzt.



Energiekonzept Fisch: Die jährliche Energielieferung durch die Solaranlagen ist größer als der Gesamtenergiebedarf des Gebäudes.

(Quelle: www.igs.bau.tu-bs.de)



Pioniersiedlung in Freiburg

Die erste kommerzielle Siedlung mit Plusenergiehäusern entstand 2003 in Freiburg-Vauban als Folgeaktivität des bundesweiten Forschungsvorhabens „Övolution“ von WeberHaus. (Quelle: www.plusenergiehaus.de)

Fertighauswelt Köln

Im Rahmen der neu errichteten Fertighauswelt Köln präsentieren einige Hersteller ihre Effizienzhaus-Plus-Konzepte. Hierzu auszugsweise einige Eindrücke:



Bien Zenker



Huf-Haus



Luxhaus



Finger Haus



WeberHaus

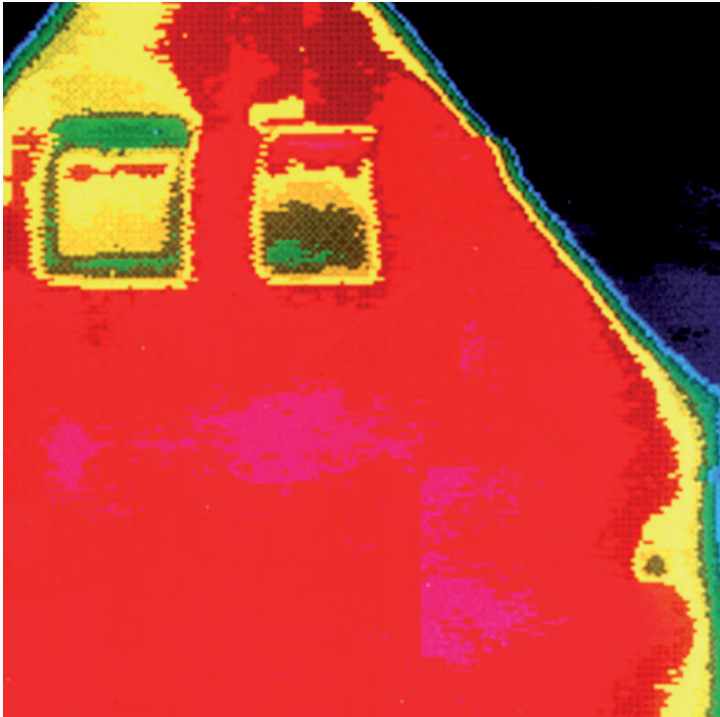


Schwörer Haus

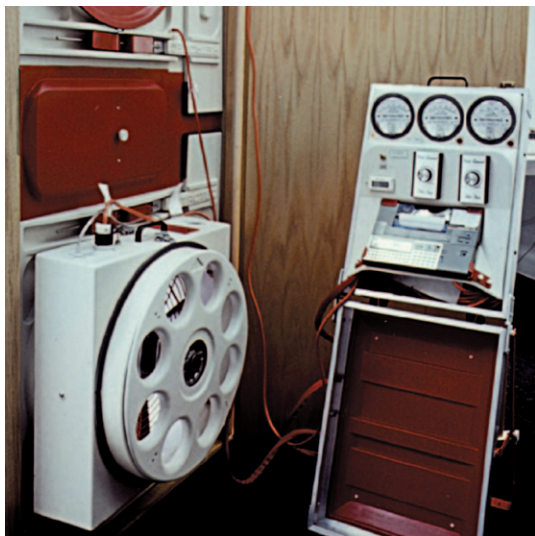
Die Gebäude werden einem intensiven Monitoringprogramm durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik unterzogen. Hierbei sollen die wesentlichen Leistungsdaten wie Heizenergieverbrauch, Stromverbrauch und Stromgewinnung, Erneuerbare-Energien-Eigennutzungsgrad und Primärenergieverbrauch sowie Behaglichkeitsparameter erfasst und bewertet werden.

Was ist sonst noch zu beachten?

An die Planung und Realisierung von Effizienzhäusern-Plus müssen erhöhte Anforderungen gestellt werden. Die folgende Checkliste kann helfen, die Herausforderungen in den unterschiedlichen Phasen systematisch zu prüfen.



Thermographie eignet sich zur visuellen Überprüfung einer durchgängigen Ausführungsqualität



Blower-Door Einrichtung zur Überprüfung der Gebäudedichtheit

Städtebau

- Südorientierung der Fassaden mit Hauptfensterflächen ermöglichen
- Ausreichende Gebäudeabstände zur Solarnutzung bei tiefstehender Sonne
- Solarorientierte Dachneigungen und Firstlinien
- Begrünung zur sommerlichen Verschattung und zur Beeinflussung des Mikroklimas

Planung

- Kompakte Baukörper in einhüftiger Bauweise mit möglichst breiter Südfront bei begrenzter Gebäudetiefe und Norderschließung oder zweihüftige Bauweise mit gleichmäßiger Ost-/Westbefensterung ermöglichen kosten- und energiesparendes Bauen
- Anordnung von Pufferräumen oder Gebäudeteilen untergeordneter Nutzung im Norden.
- Integration des Heizraums in den beheizten Wohnbereich
- Kurze Heiz- und Warmwasserleitungen (Heizraum und Verteilschächte zentral im Haus).
- Räume gleicher Nutzung (beheizt / unbeheizt) zusammenlegen, um innere wärmetauschende Hüllfläche gering zu halten
- Durchgängiges und sinnvoll aufeinander abgestimmtes Luftdichtheits- und Wärmebrückenkonzept erstellen. Hinweise in den Plänen vermerken, worauf besonders geachtet werden muss
- Erstellung spezifizierter Ausschreibungsunterlagen mit exakten Produktangaben

Passive Solarenergienutzung

- Fensterflächenanteile südorientierter Fassaden > 50 %, übrige Anteile nicht über die zur Belichtung notwendigen hinaus
- Optimierte Flächenorientierung und -neigung zur passiven und aktiven Solarenergienutzung.
- Gebäudezonierung nach Nutzungszonen mit unterschiedlichen Raumtemperaturen
- Anordnung speicherfähiger Innenbauteile im Strahlengang der Sonne

Baulicher Wärmeschutz

- Vermeidung von Wärmebrücken an Bauteilanschlüssen (Deckenaufleger, Rollladenkästen, Dachanschlüsse)
- Darstellung aller energierelevanten Anschlussdetails im Rahmen der Ausführungsplanung und Ausschreibung (in der Regel 20 bis 25 Detailzeichnungen erforderlich) mit Angabe aller thermischen, hygrischen und dichttechnischen Bauteilkennwerte in den Plänen. Kein Detail ungelöst auf die Baustelle geben!
- Dachflächenfenster möglichst hochwertig ausführen, da diese Flächen noch größere Wärmeabstrahlung (klarer, kalter Weltraum) aufweisen als Wandflächen (diese Effekte sind von vereisten Autoscheiben her bekannt)
- Wärmedämmende Innenbauteile zu unbeheizten Neben- und Pufferräumen
- Hochwertige Dämmung von Abseitenwänden, Gauben und Deckenflächen gegen Außenluft

Lüftungskonzept

- Bei Fensterlüftung Möglichkeit der Querlüftung schaffen
- Nicht jedes Fenster muss offenbar sein
- Im Geschosswohnungsbau bestehen häufig Anforderungen an den Brandschutz, die die Lüftungstechnik verteuern; dezentrale Lösungen können vorteilhaft sein

Heiztechnik

- Temperatur des Heizsystems niedrig wählen, um alternative Energieträger einbinden zu können und geringe Verteilverluste zu ermöglichen. Konkurrierende Einflüsse wie vergrößerte Heizflächen und größere Volumenströme und Antriebsenergien bei der Festlegung des Temperaturniveaus mit heranziehen.
- Erhöhte Dämmung der Rohrleitungen realisieren, auch bei Verlegung in Bauteilen und bei Durchdringungen.
- Dämmung von Schiebern, Flanschen, Baugruppen bei der Heizungsverteilung sicherstellen (Heizraum darf nicht der wärmste Raum des Hauses sein!).
- Überprüfung der möglichen Dämmstärken bei Heiz- und Brauchwasserspeichern über die vorhandenen hinaus.
- Einbau zeitlich steuerbarer Zirkulationspumpen, Beleuchtung, etc.

Bauausführung

- Nur Verwendung von geeigneten und bauaufsichtlich zugelassenen Materialien und Materialkombinationen. Möglichst gleiche Materialien verwenden, um Verwechslungen beim Verarbeiten zu vermeiden
- Einsatz hochwertigster Verglasungen in wärme gedämmten Fensterrahmen (insbesondere bei Dachflächenfenstern); stimmen die Lieferungen mit dem Wärmeschutznachweis überein ($k_{BAZ} \geq k_{DIN}$)?
- Überwachung der Bauausführung an handwerklich schwierigen Baudetails
- Ausführung dauerhaft luft- und winddichter Anschlüsse. (Kehlgebälk, Gauben, Innen- und Außenwandanschlüsse, Fenstereinbaufugen nicht nur ausschäumen!)
- Thermische Trennung auskragender und in Kaltbereiche ragender Bauteile (Balkone, Vordächer)
- Überprüfung der wärmetechnischen Kennwerte und Zulassungen anhand von Produktbegleitzetteln und Lieferscheinen
- Beschädigungen von Dichtungsebenen (Luft- und Dampfsperren) durch Elektroinstallationen, Dunstrohre etc. vermeiden; ggf. nachträglich wieder abdichten
- Überprüfung der Luftdichtheit mittels Blower-Door vor Beendigung des Innenausbaus

Wichtige Links für Forschung und Förderung

www.bmvbs.de
www.bbr.bund.de
www.forschungsinitiative.de
www.ibp.fraunhofer.de/wt
www.kfw.de
www.dena.de

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Bundesregierung; sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt.

Impressum

Herausgeber
Bundesministerium für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung
Invalidenstraße 44, 10115 Berlin

Bezugsquelle
Bundesministerium für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung
Referat Bürgerservice und Besucherdienst
11030 Berlin
E-Mail: buengerinfo@bmvbs.bund.de
<http://www.bmvbs.bund.de>
Telefon: +49 30 18300 – 3060
Fax: +49 30 18300 – 1942

Ansprechpartner/Projektleitung
Ministerialrat Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hegner
Bundesministerium für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung
Invalidenstraße 44, 10115 Berlin

Stand
August 2011

Druck
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Dienstleistungszentrum Druck

Verfasser
Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Gestaltung
BBGK Berliner Botschaft

Titelbild
Der prämierte Entwurf des BMVBS-Effizienzhaus-Plus, das Ende 2011 als Informationsplattform für interessierte Bürger in der Fasanenstraße in Berlin eröffnet werden soll.
Foto: Prof. Werner Sobek, Stuttgart